

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

DOI: 10.15593/2409-5125/2023.03.05

УДК 691, 692.231.3

С.М. Мырзина, К.В. Озерова, О.М. Зверев

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

СТРОИТЕЛЬСТВО ИЗ СНЕГА

Использование льда и снега в строительстве с каждым годом становится все более популярным. Целью работы является создание нового метода строительства из снега. Для осуществления этой цели мы применили «установку прессования снега». Была поставлена задача разработать технологию строительства стен из снега, посредством подогреваемой и прессующей опалубки.

Были изготовлены два снежка высотой 1,5 и 2,93 м. Первый блок был армирован по углам в вертикальном направлении и в его середине было сделано отверстие. Второй блок был изготовлен с наклоном на восток 10 см. В течение 40 дней отслеживалось увеличение наклона и уменьшение высоты второго блока. Максимальное отклонение на восток достигло 1,5 м, в 2 раза больше основания блока.

Для отработки технологии прессования был сформирован горизонтальный снежок с установленными внутри него датчиками температуры. Снята зависимость температуры снега на дне и на высоте 4 см, позволяющая определить время насыщения снега водой (температура 0 °С). Первая вода появляется через 39 мин после начала прессования снега, через 41 мин снег у стенок на 2 см пропитан водой. На середине дна снежка вода появляется через 48–50 мин, через 100 мин гарантированно пропитано водой 4 см нижней части снежка.

Проведенные измерения прочности на сжатие дали результаты с большой дисперсией. Средняя прочность на сжатие 7,4 МПа.

Ключевые слова: прессование снега, уплотнение снега, снежок, строительство из снега.

Площадь только арктических территорий России 4,8 млн км², это 28 % территории страны [1, 2]. Большая удаленность арктических и северных регионов от промышленных центров определяет высокую стоимость завозимых строительных материалов. Поэтому в настоящее время вновь возник интерес к инженерным сооружениям из снега и льда – часто единственных природных материалов, которые имеются в неограниченном количестве. Сооружения из снега и льда в арктических климатических условиях могут эксплуатироваться продолжительное время (до 10 мес.). В конце срока эксплуатации сооружения самоликвидируются (тают), это тоже может быть их дополнительным преимуществом.

В древности народы севера из-за нехватки строительных материалов, сооружали дома из уплотненных ветром снежных и ледяных блоков. Од-

ним из первых таких строений было иглу. Это куполообразное жилище диаметром около 3 м и высотой около 2 м сделано из снежных кирпичей, сплавленных между собой [3].

Использование льда и снега в строительстве с каждым годом становится все более популярным. Доступность материалов, надежность и легкость создания различных форм – главные преимущества этого вида строительства [4].

При своей недолговечности снежные постройки все еще актуальны. Зрелищные сооружения из льда, как временные достопримечательности, привлекают множество посетителей, что стимулирует развитие туризма. По этой причине уже сейчас проводится ряд фестивалей и конкурсов на снежную тематику. Так, например, большую известность приобрел международный фестиваль ледяных скульптур в Харбине, который насчитывает колоссальное количество статуй в виде храмов, пагод и дворцов [5, 6].

В настоящее время распространены два основных метода строительства из снега. Для первого метода используются снежные блоки, как и для возведения иглу. Второй метод предполагает сначала создать опалубку, затем заполнить ее снегом, а после оставить на длительное время (около недели) для уплотнения снега в монолит. Именно таким образом на фестивале в Харбине изготавливаются снежные блоки высотой до 3,5 м для будущих скульптур [7].

Зимой 2021–22 г. авторы опробовали новый способ строительства из снега с помощью полезной модели «устройство для уплотнения снега» [8], являющейся, по сути, подогреваемой опалубкой с возможностью прессования, которую в процессе работы усовершенствовали и запатентовали как «установка прессования снега» [9, 10]. Был изготовлен логотип ПНИПУ (рис. 1) (<https://youtu.be/5wTgrI8QaOM>), подробный отчет представлен в статьях [11, 12]. Следующей зимой 21.12.2022 для съемок телеканалом «Россия» около корпуса строительного факультета (СФ) была изготовлена буква «П» (рис. 2) (<https://youtu.be/zDhZTZP42SQ>). Основание – два столба, изготавливались заранее (17.12.2022), и первый столб (на фото правый) мы, по-видимому, «перепрессовали». Изготовленный вертикально, он уже после снятия опалубки наклонился в сторону ул. Куйбышева. Проседание наблюдалось внизу, в части, насыщенной водой. В последующем наклон всей буквы «П» медленно увеличивался и после оттепели 5.01.2023 до +5 °С стал настолько угрожающим, что декан приказала огородить арт-объект. Из третьего столба авторы вырезали разогретым нихромом сердечко (рис. 2), после оттепели верхняя часть просто обрушилась.



Рис. 1. Логотип ПНИПУ



Рис. 2. Буква «П» около корпуса СФ

Цель работы и постановка задачи. Целью работы являлась отработка технологии строительства из снега. Для его реализации мы использовали «установку прессования снега» [9]. Установка содержит корпус, образованный верхней и боковыми стенками, механический винтовой привод уплотнительного механизма. Две параллельные из боковых стенок двигаются навстречу друг другу с помощью винтовых шпилек, закрепленных в подвижных боковых стенках. В фанерные стенки под металлический лист уложен греющий электрический кабель.

Исследования и испытания зимы 2022–2023 г. должны были ответить на два вопроса. Первый – можно ли строить из снега «Пизанские башни». Второй – поможет ли армирование снега избежать его обрушения при оттепелях. Третий – в течение какого времени должно происходить прессование с подогревом для получения оптимальной плотности и прочности снежка.

Результаты исследования и их обсуждения. Для ответа на вопросы 21.01.2023 были изготовлены два снежка высотой 1,5 м с гранями, ориентированными по сторонам света. Первый с основанием $0,76 \times 0,40$ м для вырезания сердечка. Перед прессованием в снег по углам на расстоянии около 10 см от стенок опалубки вертикально были воткнуты четыре стеклопластиковых арматуры $\varnothing 4$ мм длиной 1,4 м для укрепления ослабленных частей (рис. 3). Второй блок с основанием $0,76 \times 0,68$ м с небольшим наклоном на восток. 28.01.2023 в первом блоке было вырезано сердечко (см. рис. 3). Над большим блоком на специальные опоры была поставлена установка прессования снега, вновь с небольшим уклоном на восток (рис. 4) (юг на фото справа) и была спрессована верхняя половина столба (<https://www.youtube.com/shorts/Y59H0cFBC6s?feature=share>). Во всех случаях прессование не превышало 30 мин. В верхнюю поверхность стол-

ба утюгом были заморожены две проволоочки с крючками, для подвешивания отвеса с восточной и южной сторон. Отклонения на юг не было, отклонение на восток получилось 10 см. Высота восточной стороны столба 2,92 м, западной 2,94.



Рис. 3. Сердечко



Рис. 4. Изготовление столба

На следующий день отклонение на юг было уже 15 см. Столб простоял 40 дней, все это время ежедневно измерялись отклонения сторон и высоты различных частей снеговлака. На графиках рис. 5 показаны среднесуточная температура и отклонения на восток и юг по дням. Заметное отклонение на юг появилось 14.02.2023. Максимальное отклонение на восток составило 1,50 м, это практически в два раза больше ширины основания столба. Отклонение на юг (солнечную сторону) незначительно.

На графиках рис. 6 показаны среднесуточная температура и расстояния от земли до верха западной и восточной сторон. Причиной падения столба стала оттепель, начавшаяся 8 марта, днем 9 марта температура поднялась до +2 °С, вечером столб упал. 10 марта упал армированный снеговлак с сердечком, сломавшись у основания, где не было арматуры, – ответить на второй вопрос не получилось. На фотографиях рис. 7 можно проследить динамику изменения формы столба. Видно, что основной изгиб происходит на стыке двух блоков. Ожидалось, что именно там и произойдет разрушение. Однако столб сломался у основания, но во время падения на стыке блоков возникла трещина.

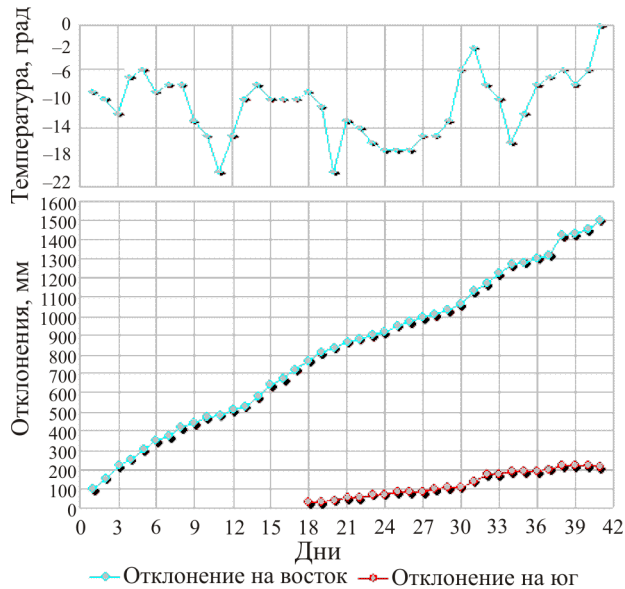


Рис. 5. Среднесуточная температура и отклонения столба

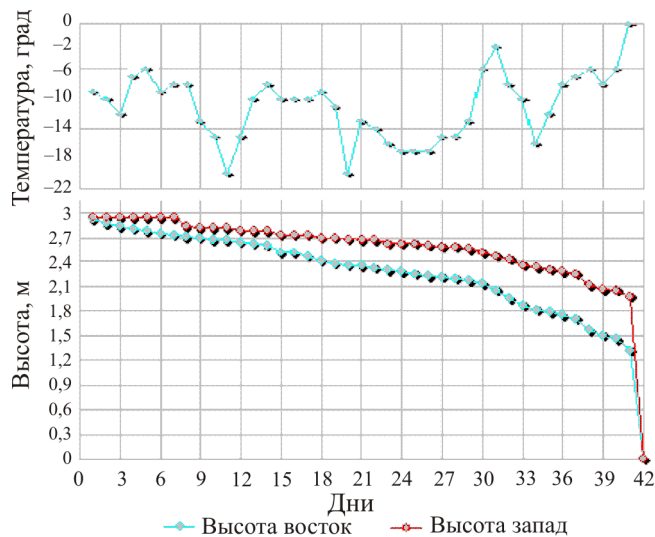


Рис. 6. Среднесуточная температура и высоты столба

8 марта был проведен обмер столба. Расстояние между шпильками, стягивающими стенки опалубки, 51 см, после шпилек остались отверстия в столбе. Расстояния между отверстиями западной стороны сверху вниз 48, 49, 48, 51 см, с восточной стороны 47, 43, 43, 43 см. Длина западной стороны 3,09 м (было 2,94), длина восточной 2,25 м (было 2,92). Отсюда можно сделать вывод, что уменьшение высоты происходило в основном за счет наклона столба.



Рис. 7. Изменение формы столба

Утром 05.02.23 на фанере, покрытой полиэтиленовой пленкой, была собрана установка прессования снега [6] с расстоянием между подвижными стенками 0,50 м. В 11.27 включили нагрев и в 11.32 начали загрузку снегом. На дно установки, посередине, на стеклопластиковой арматуре были установлены термометры сопротивления Pt 1000, подключенные к регистратору «Элемер» РМТ 59 (класс точности А). Перед экспериментом термометры сопротивления градуировались в воде с тающим льдом. На фото (рис. 8) Ксения левой рукой держит арматуру, правой – лыжной палкой дробит комья снега. К арматуре изолентой была прикреплена загнутая горизонтально проволока, к ней алюминиевым скотчем крепились датчики. Первый датчик был установлен на дно (на дисплее «Элемер», перо 11), второй (на дисплее «Элемер», перо 10) – на 40 мм выше (рис. 9).

В 11.45 начали прессование, закручивая шпильки. Температура датчиков постоянно фиксировалась с экрана на фото или видео. Зависимость температуры с датчиков от времени приведена на графике (рис. 10). Температура воздуха во время эксперимента была около -10°C . На графике видно, что начальная температура снега совпадает с вышеуказанной температурой. В 12.24 под подвижными стенками зафиксирована вода (<https://youtube.com/shorts/pnPIIdCG8XgE?feature=share>), к 12.26 снег около подвижных стенок уже пропитался на 2 см (<https://youtu.be/whzfYqD3cx0>), но до середины блока вода еще не дошла – температура датчиков около -10°C .

В 12.33 температура нижнего датчика (перо 11) начинает резко повышаться и через 1,5 мин становится -1°C – снег на середине дна блока пропитался водой. Заметное повышение температуры датчика на высоте 4 см началось в 12.45 и происходило заведомо медленнее (рис. 5). В 13.21 выключили нагрев торцовых неподвижных стенок и сняли их. В 13.25 выключили нагрев и убрали подвижные стенки. Блок был спрессован до

0,40 м. Толщина снега, пропитанного водой, около стенок составляла в среднем 6 см. Утром следующего дня (7.00) оба датчика показывали температуру $0 \pm 0,2$ °С, температура воздуха ночью опускалась до -16 °С.



Рис. 8. Загрузка



Рис. 9. Термометры сопротивления Pt 1000

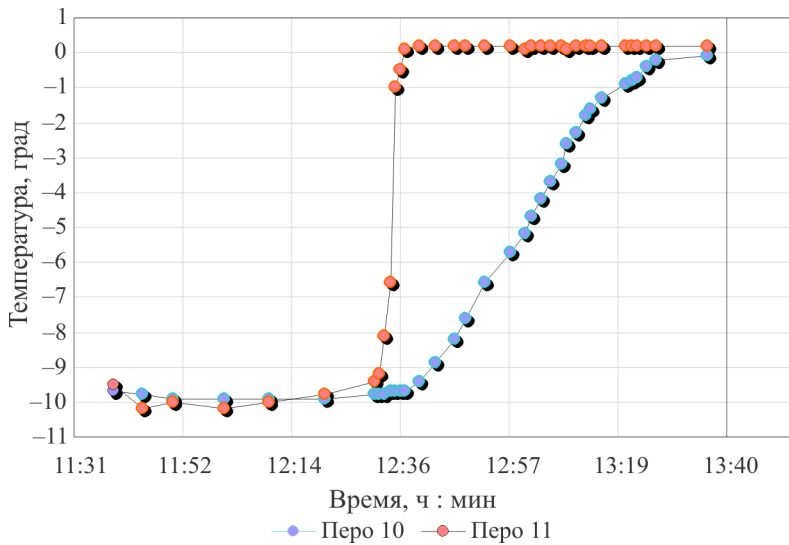


Рис. 10. Зависимость температуры датчиков от времени

Через неделю 12.02.23 были проведены измерения плотности и прочности на сжатие изготовленного снежного блока. Прочность снега сильно зависит от его температуры [13–15]. Температура воздуха предшествующей недели была отрицательная ($-16 \dots -5$ °С). Во время измерений температура была около -6 °С, внутри блока $-7,5$ °С. От блока ножовкой по дереву был отрезан кусок размером $0,32 \times 0,77 \times 0,40$ м и взвешен. Масса куска составила

40,7 кг, рассчитанная плотность 410 кг/м³. Далее из этого куска со стороны подвижной стенки выпиливались образцы в форме кубиков с ребром 100 мм (рис. 11). Нижние образцы получились высотой около 140 мм.



а

1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21

б



Рис. 12. Устройство для испытаний на прочность

Рис. 11. Часть блока с выпиленными образцами (*а*) и их нумерация (*б*)

Перед испытанием на прочность каждый образец взвешивался на поверенных весах Scarlett (до 10 кг) для определения плотности. Определение прочности проводилось устройством, показанном на фото (рис. 12), с помощью напольных весов Vitek (до 200 кг). Образец помещался между пеноплексом 50 мм, проводилось его сжатие. Показания весов фиксировались на видео (<https://youtu.be/r6PhAG7Lldc>). Результаты измерений представлены в таблице. Образец № 13 разломился до испытания на прочность.

Плотность и прочность на сжатие

№ п/п	ρ, кг/м ³	σ, МПа	№ п/п	ρ, кг/м ³	σ, МПа	№ п/п	ρ, кг/м ³	σ, МПа
1	390	4,4	8	410	8,3	15	380	11,6
2	350	5,7	9	400	4,0	16	370	3,4
3	320	1,5	10	380	3,3	17	440	15,5
4	370	1,5	11	450	13,8	18	430	16,3
5	430	15,3	12	370	5,1	19	600	1,5
6	510	8,2	13	350	–	20	640	13,1
7	410	2,9	14	400	7,3	21	670	12,5

Из таблицы видно, что результаты прочности на сжатие имеют большую дисперсию. Это может быть связано с неоднородностью снега – использовали как свежеснеговывалившийся снег, так и куски слежавшегося. Средняя прочность на сжатие составила 7,4 МПа.

Выводы

1. С помощью устройства для уплотнения снега можно возводить сооружения высотой до 3 м.
2. Эти сооружения могут иметь наклон, но нужно иметь в виду, что со временем наклон будет увеличиваться.
3. Время нагрева и прессования горизонтальных блоков не должно превосходить 40 мин, время прессования вертикальных блоков – 20 мин.
4. Прочность на сжатие снеговых блоков сравнима с прочностью ячеистого автоклавного газобетона.
5. При оттепелях прочность снеговых блоков снижается практически до нуля.

Библиографический список

1. Орлов С.Л., Строев П.В., Дудник А.И. Арктическая территория как национальное достояние России в современном мире // *Russian Journal of Economics and Law*. – 2021. – Т. 15, № 4. – С. 676–685. DOI: 10.21202/2782-2923.2021.4.676-685
2. Сальгин В.И., Криворотов А.К. Задачи развития российской арктики в новой международной обстановке // *Север и рынок: формирование экономического порядка*. – 2022. – Т. 25, № 3. – С. 7–18.
3. Ницин А.Ю. Снежная хижина «иглу» – энергосберегающий дом аборигенов крайнего севера // *Строительство и техногенная безопасность*. – 2016. – № 4 (56). – С. 28–32.
4. Саляхова М.Р., Шульпина Ю.В. К вопросу об актуальности формирования временной архитектуры как способа преобразования общественных пространств в зимнее время // *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. – 2019. – № 4 (50). – С. 120–130.
5. Мубаракшина Ф.Д., Саляхова М.Р. Объекты изо льда и снега в сфере культурного туризма: российский опыт // *Wschodnieoeuropejsie czasjhisno naukowe*. – 2018. – № 3. – С. 4–10.
6. Саляхова М.Р. Архитектура изо льда и снега в Японии // *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. – 2017. – № 3 (41). – С. 49–56.
7. Гречанов К.Б. История фестивалей и конкурсов ледяной и снежной скульптуры // *Инновации в социокультурном пространстве: материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф.* – Благовещенск, 2020. – С. 32–37.
8. Устройство для уплотнения снега: пат. 210208 Рос. Федерация: МПК E01H 4/00 / Зверев О.М., Перминов А.В. – № 2021123272; заявл. 02.08.2021; опубл. 31.03.2022, Бюл. № 10.
9. Установка прессования снега: пат. 2782952 Рос. Федерация: МПК E01H 4/00 / Зверев О.М., Мырзина С.М., Озерова К.В., Перминов А.В.; № 2022113419; заявл. 19.05.2022; опубл. 07.11.2022, Бюл. № 31.
10. Установка прессования снега: пат. 2804135 Рос. Федерация: МПК E01H 5/00, B30B 9/30 / Зверев О.М., Мырзина С.М., Озерова К.В., Перминов А.В.; № 2023112953; заявл. 19.05.2023; опубл. 26.09.23, Бюл. № 27.
11. Тающая архитектура / С.М. Мырзина, К.В. Озерова, А.А. Перминов, О.М. Зверев // *Современные технологии в строительстве. Теория и практика: материалы XIV Всерос. молодеж. конф. аспирантов, молодых ученых и студентов (23–25 марта 2022 г.) / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Перм. нац. исслед. политехн. ун-т.* – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2022. – Ч. 1. – С. 9–14.
12. Утилизация снега прессованием / С.М. Мырзина, К.В. Озерова, О.М. Зверев, А.В. Перминов // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика*. – 2022. – № 2. – С. 34–44. DOI: 10.15593/2409-5125/2022.02.04
13. Снег. Справочник / под ред. Д.М. Грея, Д.Х. Мэйла. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 751 с.
14. Войтковский К.Ф. Реология льда и снега // *Труды Первого Всесоюзного симпозиума по реологии грунтов*. – Ереван: Изд-во Ереван. ун-та; 1973. 292 с.
15. Войтковский К.Ф. Механические свойства снега. – М.: Наука, 1977. – 126 с.

References

1. Orlov S. L., Stroeve P. V., Dudnik A. I. Arkticheskaya territoriya kak nacional'noe dostoyanie Rossii v sovremennom mire [The Arctic Territory as a national treasure of Russia in the modern world]. *Russian Journal of Economics and Law*. 2021. Vol. 15, No. 4. pp. 676–685.
2. Salygin V.I., Krivorotov A.K. Zadachi razvitiya rossijskoj arktiki v novoj mezhdunarodnoj obstanovke [The challenges of the development of the Russian Arctic in the new international environment]. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poryadka*. 2022. Vol.25, No. 3, pp. 7-18.
3. Nicin A.YU. Snezhnaya hizhina «iglu» – energosberegayushchij dom aborigenov krajnego severa [Iglu Snow hut – energy-saving house of the aborigines of the Far North] *Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'*, 2016, no 4(56), pp. 28-32.
4. Salyahova M.R., SHul'pina YU.V. K voprosu ob aktual'nosti formirovaniya vremennoj arhitektury kak sposoba preobrazovaniya obshchestvennyh prostranstv v zimnee vremya [To the question of the relevance of the formation of temporary architecture as a way of transforming public spaces in winter] *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta*, 2019, no 4(50), pp. 120-130.
5. Mubarakshina F.D., Salyahova M.R. Ob"ekty izo l'da i snega v sfere kul'turnogo turizma: rossijskij opyt [Objects made of ice and snow in the field of cultural tourism: Russian experience]. *Wschodnieoeuropejsie czasjhisimo naukowe*. 2018. No 3. pp. 4-10.
6. Salyahova M.R. Arhitektura izo l'da i snega v Yaponii [Ice and snow architecture in Japan]. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta*, 2017, no 3(41), pp. 49-56.
7. Grechanov K.B. Istoriya festivalej i konkursov ledyanoj i snezhnoj skul'ptury [History of ice and snow sculpture festivals and competitions] *Innovacii v sociokul'turnom prostranstve: materialy XIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*, Blagoveshchensk, 2020. pp. 32-37.
8. Zverev O.M., Perminov A.V. Ustrojstvo dlya uplotneniya snega [Snow compaction device] Patent Rossijskaia Federacii no. 2021123272 (2022).
9. Zverev O.M., Myrzina S.M., Ozerova K.V., Perminov A.V. Ustanovka pressovaniya snega [Installation of snow pressing] Patent Rossijskaia Federacii no. 2782952 (2022).
10. Zverev O.M., Myrzina S.M., Ozerova K.V., Perminov A.V. Ustanovka pressovaniya snega [Installation of snow pressing] Patent Rossijskaia Federacii no. 2804135 (2023).
11. Myrzina S.M., Ozerova K.V., Zverev O.M. Tayushchaya arhitektura [Melting architecture] *Modern technologies in construction. Theory and practice: materialy XIV all-Russian youth conference of post-graduates, young scientists and student*. Perm, 2022. pp. 9-14.
12. Myrzina S., Ozerova K., Zverev O., Perminov A. Utilizaciya snega pressovaniem [Snow disposal by pressing]. *PNRPU Bulletin. Applied ecology. Urban development*, 2022, no. 2, pp. 34-44. DOI: 10.15593/2409-5125/2022.02.04
13. Pod red. Grey D.M. Meil D.H. Sneg: Spravochnik [Snow] L: Gidrometeoizdat, 1986, 751 p.
14. Voytkovskiy K.F. Reologiya l'da i snega [Rheology of ice and snow]. Tr. Pervogo Vsesoyuznogo simpoziuma po reologii gruntov. Yerevan: Izd-vo Yerevan. un-ta; 1973. 292 p. (In Russ.)
15. Voytkovskiy K.F. Mekhanicheskie svojstva snega. [Mechanical properties of ice]. Moscow: Nauka; 1977. 126 p. (In Russ.)

S. Myrzina, K. Ozerova, O. Zverev

CONSTRUCTION OF SNOW

The use of ice and snow in construction is becoming more and more popular every year. The aim of the work is to create a new method of construction from snow. To achieve this goal, we have used a "snow pressing plant". The task was set to develop a technology for the construction of walls made of snow, by means of heated and pressing formwork.

Two snow blocks with a height of 1.5 m and a height of 2.93 m were made. The first block was reinforced at the corners in the vertical direction and a hole was made in its middle. The second block was made with a slope to the east of 10 cm. An increase in the slope and a decrease in the height of

the second block were monitored for 40 days. The maximum deviation to the east has reached 1.5 m, 2 times larger than the base of the block.

To test the pressing technology, a horizontal snow block was formed with temperature sensors installed inside it. The dependence of the snow temperature at the bottom and at a height of 4 cm has been removed, which allows determining the time of saturation of snow with water (temperature 0° C). The first water appears 39 minutes after the start of snow pressing, after 41 minutes the snow at the walls is 2 cm soaked with water. In the middle of the bottom of the snow block, water appears after 48-50 minutes, after 100 minutes, 4 cm of the lower part of the snow block is guaranteed to be soaked with water.

The compressive strength measurements carried out gave results with a large variance. The average compressive strength is 7.4 MPa.

Keywords: snow pressing, snow compaction, snow block, snow construction.

Мырзина Софья Михайловна (Пермь, Российская Федерация) – студент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (Пермь, 614990, Комсомольский пр., 29, e-mail: mirzina.sofi@yandex.ru).

Озерова Ксения Викторовна (Пермь, Российская Федерация) – студент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (Пермь, 614990, Комсомольский пр., 29, e-mail: ksenyaozerowa2016@yandex.ru).

Зверев Олег Михайлович (Пермь, Российская Федерация) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Общая физика», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (Пермь, 614990, Комсомольский пр., 29, e-mail: ckko-smt2@pstu.ru).

Sof'ya Myrzina (Perm, Russian Federation) – Student, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., 614990, Perm, e-mail: mirzina.sofi@yandex.ru).

Kseniya Ozerova (Perm, Russian Federation) – Student, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., 614990, Perm, e-mail: ksenyaozerowa2016@yandex.ru).

Oleg Zverev (Perm, Russian Federation) – PhD of Technical Science, Associate Professor of the Department of General Physics, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., 614990, Perm, e-mail: ckko-smt2@pstu.ru).

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов равноценен.

Поступила: 13.10.2023

Одобрена: 20.10.2023

Принята к публикации: 27.10.2023

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Мырзина, С.М. Строительство из снега / С.М. Мырзина, К.В. Озерова, О.М. Зверев // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2023. – № 3. – С. 67–77. DOI: 10.15593/2409-5125/2023.03.05

Please cite this article in English as: Myrzina S., Ozerova K., Zverev O. Construction of snow. *PNRPU Bulletin. Applied ecology. Urban development*, 2023, no. 3, pp. 67-77. DOI: 10.15593/2409-5125/2023.03.05