

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

DOI: 10.15593/2409-5125/2022.02.04

УДК 624.147:144.5

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

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

УТИЛИЗАЦИЯ СНЕГА ПРЕССОВАНИЕМ

Уровень снега в некоторых регионах России достигает немалых значений, поэтому для безопасности и активной жизнедеятельности людей необходимо утилизировать снег рационально и выгодно с экономической точки зрения. Это возможно методом повышения плотности снега.

Целью работы были разработка, патентование, изготовление и испытание нового «устройства для уплотнения снега». Задача состояла в создании предельно простой, дешевой, мобильной и удобной в эксплуатации установки для уплотнения снега, которая, по своей сути, является подогреваемой и прессующей опалубкой. Она содержит объемный корпус, образованный верхней и боковыми стенками, две из которых во время прессования остаются неподвижными, а две другие – подвижными за счет механического привода уплотнительного механизма, состоящего из винтовых шпилек с гайками.

Неподвижные стенки корпуса представляют собой основу из фанеры толщиной 18 мм с пазами глубиной 3 мм, в которые вставлен нагревательный кабель HeatUp WFOH 220/20 длиной 10 м мощностью 200 Вт. Подвижные боковые стенки были изготовлены из листа фанеры 1520 × 1520, разрезанного пополам, толщиной 21 мм, в пазы вставлено 40 м кабеля 22PV/15700 мощностью 700 Вт. Кабели закрыты листом оцинкованной стали толщиной 0,4 мм. Суммарная мощность нагревательных кабелей 2 кВт.

Было изготовлено четыре снежных блока при различных параметрах формирования. В результате была отработана технология изготовления снежных блоков большой (до 540 кг/м³) плотности и высокой прочности, достаточной для подъема кран-бортом и последующей транспортировки, а также найден рациональный способ прессования снега.

Оценка прочности на сжатие снежных блоков показала, что с помощью устройства можно возводить стены высотой до 3,5 м. Устройство, поставленное на торец, позволяет делать блоки высотой 1,5 м, поэтому далее было решено наращивать снежный блок. Был изготовлен логотип Пермского национального исследовательского политехнического университета.

Ключевые слова: снег, уплотнение снега, утилизация снега, строительство из снега.

Большинство регионов России находятся в умеренном климатическом поясе, при котором в зимний период времени выпадает большое количество снега. Его уровень может достигать немалых значений, поэтому для безопасности и активной жизнедеятельности людей необходимо утилизировать снег рационально и экономически выгодно.

На данный момент наиболее распространены два способа уборки снега – безвывозной и вывозной [1]. При первом способе образуются искусственные снежные валы вдоль дорожного полотна, которые складываются до конца зимнего периода. Безвывозной способ не является экологичным и не решает главную задачу зимней уборки, а именно беспрепятственность работы транспорта и безопасное движение людей [2]. Второй способ заключается в вывозе снега за пределы города, в места его складирования. Данный метод дорогостоящий, но экологичный, так как содержащиеся в снегу химические реагенты и мусор утилизируются на специально оборудованных полигонах, что не позволяет загрязнять окружающую среду [3].

Отметим, что вывозной способ не является полностью рациональным. Так, например, плотность свежевыпавшего снега находится в пределах от 25 до 100 кг/м³ [4; 5], а плотность снега в буртах и вывозимого автотранспортом – от 250 до 350 кг/м³ [6]. КамАЗ-6520 (самосвал) грузоподъемностью 20 т имеет кузов объемом 20 м³, в него можно загрузить не более 7 т снега, при вышеуказанной плотности. Таким образом, для повышения рациональности работы снегоуборочной техники есть смысл повысить плотность вывозимого снега [7].

Обзор технологий, цель работы и постановка задачи. Увеличению плотности вывозимого снега посвящено много исследований и изобретений. Простейший подход – сжать (уменьшить объем) [8], как это делается в некоторых мусоровозах. Но слежавшийся сухой снег разрушается при нагрузках около 150 кПа [5], т.е. 15 т на квадратный метр. Для того чтобы уменьшить нагрузку на прессующий механизм, многие авторы предлагают проводить прессование порциями [8; 9]. Причем в обоих изобретениях дополнительно используется подача горячего воздуха или выхлопных газов для подогрева и увлажнения прессуемого снега. При приближении температуры снега к нулю его прочность резко снижается. Автором [10] показано, что вибрации способствуют уплотнению снега, поэтому некоторые «устройства для изготовления снежных блоков» снабжены вибратором со штырями, по которым колебания вибратора передаются в снег [11].

Сухой снег – двухфазная система (лед и воздух), сырой снег – трехфазная система (добавляется вода). Вода и лед практически не сжимаемы, поэтому прессование снега – это уменьшение содержания в нем воздуха. Автор [12] предлагает делать это с помощью вакуум-прессового оборудования. Его полезная модель «Устройство для уплотнения снега» [13] отличается от [8; 9] тем, что в стенках корпуса выполнены газопроницаемые мембранные зоны, объединенные бандажом, соединенным с вакуумным насосом.

Целью нашей работы являлась разработка, патентование, изготовление и испытание нового «устройства для уплотнения снега». Запатентованное устройство для уплотнения снега [14] (решение о выдаче патента 16.02.2022) содержит объемный корпус, образованный верхней и боковыми стенками, механический винтовой привод уплотнительного механизма и отличается от своего прототипа [13] тем, что прессование происходит двумя боковыми стенками за счет движения их навстречу друг другу с помощью механического винтового привода уплотнительного механизма, размещенного в корпусе. Механический винтовой привод уплотнительного механизма состоит из винтовых шпилек, закрепленных в подвижных боковых стенках, с возможностью вращения, например перфоратором в режиме ударного сверления. В стенки уложен греющий электрический кабель, закрываемый металлическим листом. По своей сути, наше устройство – это подогреваемая опалубка с подвижными стенками. Подплавление снега должно уменьшить его упругие свойства и привести к снижению уплотняющей нагрузки, а также уменьшить пористость снежной массы, что приведет к достижению большей конечной плотности и увеличению скорости прессования.

Нашей задачей являлось создание предельно простого, дешевого, мобильного и удобного в эксплуатации устройства для уплотнения снега.

Экспериментальная часть. Устройство для уплотнения снега (рис. 1) содержит объемный корпус, образованный верхней 1 и боковыми стенками 2 и 3, две из которых во время прессования остаются неподвижными, а параллельные стенки 3 выполнены подвижными с возможностью движения навстречу друг другу за счет механического (винтового) привода уплотнительного механизма, состоящего из винтовых шпилек 4 с гайками. Винтовые шпильки 4 закреплены в подвижных боковых стенках 3 с возможностью вращения перфоратором в режиме ударного сверления. На шпильки 4 одеты ограничительные трубки 5, предназначенные для упора стенок 3. Длина ограничительных трубок 5 равна половине максимального расстояния между подвижными стенками 3.

Неподвижные стенки 2 фиксируются шпилькой 6. Верхняя стенка (крышка) 1 фиксируется на неподвижных боковых стенках 2 с помощью балки 7, вставляющейся в петли 8. На рис. 2 показано реальное устройство для уплотнения снега в сборе и подвижная стенка без оцинковки. Верхняя 1 и неподвижные боковые 2 стенки корпуса представляют из себя основу из фанеры толщиной 18 мм с пазами глубиной 3 мм, в которые вставлен нагревательный кабель HeatUp WFOH 220/20 длиной 10 м, мощностью 200 Вт. Подвижные боковые стенки 3 были изготовлены из листа

фанеры 1520×1520 , разрезанного пополам, толщиной 21 мм, в пазы вставлено 40 м кабеля 22PV/15700 мощностью 700 Вт. Кабели закрыты листом оцинкованной стали толщиной 0,4 мм. Суммарная мощность нагревательных кабелей 2 кВт.

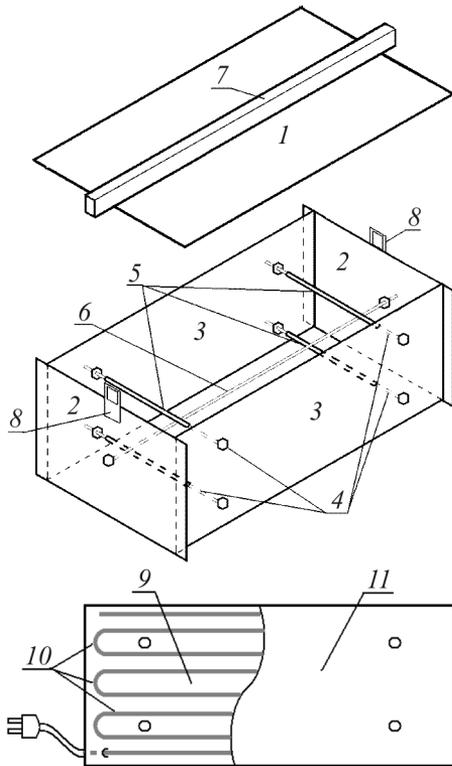


Рис. 1. Устройство для уплотнения снега (фигуры из патента) [14]



Рис. 2. Реальное устройство для уплотнения снега

Работа устройства осуществляется следующим образом. Если формируемый снежок подлежит последующей транспортировке, то на землю под стенку укладывается слой полиэтиленовой пленки. Собирается винтовой привод уплотнительного механизма из шпилек 4, вставляющихся в ограничительные трубки 5, длина которых равна половине максимального расстояния между подвижными стенками 3. В получившийся объемный корпус засыпается снег, на который сверху кладется крышка 1 и фиксируется балкой 7, вставляющейся в петли 8. После этого включаются греющие кабели и с помощью торцевого ключа, вставленного в перфоратор, начинается уплотнение снега стягиванием стенок 3 шпильками 4 до упора стенок 3 в ограничительные трубки 5.

По описанию в патенте [14], если снежок предназначен для транспортировки, то после его формирования выключается подогрев, снимается верхняя стенка 1 и балка 7 и за петли 8 производится погрузка блока, например, кран-борт, и только после этого производится окончательная разборка опалубки. После этого все операции повторяются.

Так как аренда кран-борта стоит денег, было решено снежки формировать на телеге мотоблока, перевозить в гараж (<https://youtu.be/eXOaMa2dgaY>) и подъем осуществлять кран-балкой. Первый блок прессовался при температуре на улице $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Прессовали, не торопясь, от 600 до 400 мм примерно часа три. Блок был оставлен в опалубке на ночь. На следующий день сняли верхнюю и торцовые неподвижные стенки. Внизу блока оказался лед от 30 до 50 мм. Загнали мотоблок под кран-балку. Зацепили за нижние шпильки, подняли легко, снег не выпал, так как снизу лед. Со льда капала вода (<https://youtu.be/w8SmLvhn7AM>).

Из-за длительности прессования снежка следует вывод о нерациональности подъема за опалубку. Рациональнее и дешевле накопить изготовленные снежки, чтобы погрузка не занимала много времени. Поэтому сняли подвижные стенки. В нижние ограничительные трубки вставили шпильки и за них попробовали поднять. Блок немного подпрыгивал, но трубки разрезали блок (<https://youtu.be/b7ahcW9kAUA>).

Нижняя часть блока ледяная, т.е. заведомо более прочная. В тот же день, 3 января 2022 г., при $-5 \div -7\text{ }^{\circ}\text{C}$ сформировали блок № 2. Подвижные стенки поставили на два стальных прутка $\varnothing 14$ мм, положенных на пленку поперек стенок. Прутки на расстояниях 30–33 см от неподвижных стенок и выставляются за края нижней фанеры, чтобы можно было зацепить стропы. Снег сыпали как попало, причем в основном кидали кусками старый слежавшийся. Не топтали, не трамбовали. Прессовали от 500 до 400 мм. Опалубку сняли на следующий день. Сзади (сзади телеги) в блоке обнаружена пустота (каверна).

Подъем блока № 2 проводили 9 января 2022 г. за прутки на высоту 15–20 см. Сзади отвалился кусок, как раз по каверне (<https://youtu.be/Vk-jwXs21o4>). По каверне (пустоте), а не по трещине, как говорит на видео один из авторов. Но снежок получилось поднять без опалубки. От целого края снежка отрезали кусок массой 20,7 кг, измерили и получили плотность $\rho \approx 0,32 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Из этого куска нарезали кубики с ребром 100 мм. Плотность кубика из верхней части $0,30 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, из нижней, но не ледяной (150 мм от дна) плотность $0,34 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

К формированию блока № 3 отнеслись серьезнее. Собрали опалубку в кузове на ширину 600 мм. На дно положили П-образный профиль

100 × 50 длиной 400 мм, чтобы внизу осталось отверстие под стропы. Забили снегом, трамбуя лыжной палкой и утаптывая. Толщину определяли по концам шпилек за опалубкой, как следствие, промахнулись с толщиной и через 1,5 ч остановили прессование на 500 мм вместо 400. Опалубка была снята сразу после прессования. Краев профиля не увидели. Пришлось перфоратором, сверлом на Ø10 просверлить отверстия в дне блока около фанеры, потом пройти Ø14 (рис. 3). 16 января 2022 г. зацепили стропами за прутки и подняли (<https://youtu.be/FwRTVxmHJKU>). Блок не развалился. Убрали фанеру, подложили доски поперек блока и опустили (<https://youtu.be/8F7sGnK4Wwk>). Теперь можно поднимать с помощью строп без прутков.

Отпилили задний край блока на 250 мм (по шпилькам). Кусок упал, повредив верх, который пришлось тоже отпилить. Осталось 605 × 500 × 250 мм массой 31,3 кг. Плотность, кг/м³: $\rho = m / V = 31,3 / (0,605 \cdot 0,5 \cdot 0,25) = 414 \approx 0,41 \cdot 10^3$.



Рис. 3. Снегоблок № 3 на прицепе



Рис. 4. Опалубка на желобах-направляющих

Кусок разделили на две части, у нижней (со льдом) высотой 200 мм и массой 13,6 кг, плотность, кг/м³, $\rho = 13,6 / (0,2 \cdot 0,5 \cdot 0,25) \approx 0,54 \cdot 10^3$, у верхней 0,39 · 10³ кг/м³. Плотность третьего снегоблока оказалась заведомо больше, чем у предыдущего, видимо, за счет предварительной трамбовки.

Прежде чем приступить к формированию блока № 4, устройство было усовершенствовано – 4 шпильки Ø10 мм заменили на 6 шпилек Ø12 с удлиненными гайками 35 мм. При прессовании предыдущих блоков на двух шпильках сорвали резьбу. Внизу подвижных стенок были пропилены трапециевидные пазы под желоба-направляющие, высота паза 20 мм, основания 50 и 40 мм. П-образный жестяной профиль 30 × 20 был разо-

гнут до трапеции. Опалубку установили на желоба с расстоянием между подвижными стенками 500 мм (рис. 4). Загрузили снегом, трамбуя, и сформировали блок № 4 толщиной 0,4 м. Сняли верхнюю и торцовые неподвижные стенки. Достали желоба и сняли подвижные стенки.

Снегоблок № 4 простоял на улице 18 дней. В пазы в снегоблоке легко вставились прутки $\varnothing 14$. Сначала осуществили подъем за прутки, потом стропами, просунутыми в пазы (рис. 5) (<https://youtu.be/TMGCo5Fyxns>).



Рис. 5. Подъем снегоблока на стропах



Рис. 6. Логотип ПНИПУ

Устройство для уплотнения снега – по своей сути, подогреваемая и прессующая опалубка. Половина авторов – студенты-строители, и им захотелось что-то построить с помощью этой опалубки. Предварительно была оценена прочность снегоблоков. Из различных частей больших снегоблоков мы вырезали блоки высотой 100 мм различной площади и нагружали, вставая на них. Кубики по 100 мм из самой нижней части блока (почти ледяной) выдерживают, не разрушаясь, двух человек. Из семи образцов площадью 100×150 мм, вырезанных на расстоянии 100 мм от дна ($\rho = 450 \text{ кг/м}^3$), нагрузку в 72 кг выдержали только три. В результате экспериментов мы получили, что нагрузку в 72 кг гарантированно выдерживают образцы площадью 150×150 мм из любых частей снегоблока (<https://youtu.be/CJrwhDc2rkA>), т.е. нагрузка на стены может быть $(72 \cdot 9,81) / (0,15 \cdot 0,15) \approx 30 \text{ кПа}$. При плотности 450 кг/м^2 стена может быть высотой около 7 м, при двукратном запасе прочности высотой до 3,5 м. Наше устройство, поставленное на торец, позволяет делать блоки высотой 1,5 м, поэтому далее было решено наращивать снегоблок.

В качестве экспериментальной постройки мы решили изготовить буквы «П» – логотип ПНИПУ. Первый «столб» был спрессован за 50 мин, от

первоначальной толщины 500 до окончательной 400 мм, и получился несколько «пузатым», так как прессование проводили четырьмя шпильками $\varnothing 10$ мм. Заменяли на шесть шпилек $\varnothing 12$ с удлиненными гайками 35 мм. Второй столб поставили на расстоянии 0,5 м от первого, общая ширина получилась 2 м. Для изготовления перемычки подвижные стенки опалубки установили на специальные опоры, снизу лист фанеры с полиэтиленовой пленкой. Так как длина опалубки 1,5 м, торцы закрыли кусками снегоблоков толщиной 400 мм. Начальное расстояние между стенками опалубки 420–440 мм, щели заткнули кусками снега. Загрузку снега на высоту более 2,2 м производили с помощью «пневмотранспортной установки для уборки снега с крыши» [15], она позволяет кидать снег на высоту до 4 м [16] (https://youtu.be/HvD9q_Tfz9M). Прессование заняло около 20 мин. После этого опалубка сразу же была снята.

Сверху, посередине перемычки, с помощью утюга была сделана треугольная канавка глубиной 100 мм. В нее на ребро установили снежный куб размером 0,5 м. С помощью нихромового ледореза – устройства для удаления сосулек и наледей [17] из куба вырезали еще одну букву «П» (<https://youtu.be/P0ziddhZnkA>). Резать нихромовым нагревателем медленнее, чем ножовкой [18], зато края получаются не разрыхленные, а подплавленные, значит упрочненные. Построили логотип ПНИПУ (рис. 6) (<https://youtu.be/5wTgrI8QaOM>).

Выводы. Устройство для уплотнения снега не только запатентовано, но и изготовлено и испытано. Задача создания предельно простого, дешевого, мобильного и удобного в эксплуатации устройства для уплотнения снега выполнена. Отработана технология изготовления снегоблоков большой (до 540 кг/м^3) плотности и высокой прочности, достаточной для подъема кран-бортом и последующей транспортировки. С помощью устройства для уплотнения снега можно возводить сооружения высотой до 3 м.

Библиографический список

1. Кулдошина В.В., Жогаль А.В., Лупунчук М.Ю. Современные подходы к решению проблем утилизации снега // Международный технико-экономический журнал. – 2018. – № 5. – С. 79–84.
2. Дружакина О.П. Экологические аспекты утилизации снежных масс с городских территорий // Управление техносферой. – 2019. – Т. 2, № 1. – С. 91–105.
3. Строкин А.С., Чудайкин А.Д., Поляков Р.С. Экологические проблемы утилизации снега в городе // Высокие технологии в строительном комплексе. – 2019. – № 2. – С. 56–60.
4. Казакова Е.Н., Лобкина В.А. Зависимость плотности отложенного снега от его структуры и текстуры // Криосфера земли. – 2018. – Т. 22, № 6. – С. 64–71.
5. Снег: справочник / под ред. Д.М. Грея, Д.Х. Мэйла. – Л.: Гидрометеоздат, 1986. – 751 с.
6. Незамаев А.С., Незамаева Н.Н. Определение рациональной плотности снежных блоков для их транспортировки // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства: материалы междунар. науч.-техн. конф. / Тюменский индустриальный университет. – Тюмень, 2015. – С. 230–233.

7. Чернякова О.О., Киселев П.В., Понятов А.Г. Исследования уплотнения снега // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства: материалы междунар. науч.-техн. конф. / Тюменский индустриальный университет. – Тюмень, 2016. – С. 330–334.

8. Устройство для уплотнения и погрузки снега: пат. Рос. Федерация / Егоров А.Л., Мерданов Ш.М., Закирзаков Г.Г., Логвинский М.П. – № 2005106938/11; заявл. 10.03.2005; опубл. 27.08.2006, Бюл. № 24.

9. Снегоуборочная машина: пат. Рос. Федерация / Мерданов Ш.М., Карнаухов Н.Н., Оржаховский В.Г., Закирзаков Г.Г., Фатуллаев Э.Ф., Егоров А.Л. – № 2002101577/28; заявл. 14.01.2002; опубл. 27.06.2003, Бюл. № 18.

10. Егоров А.Л. Обоснование рабочих параметров снегоуборочной машины с уплотняющим рабочим органом: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Тюмень, 2004. – 15 с.

11. Устройство для изготовления снежных блоков: пат. Рос. Федерация / Карнаухов Н.Н., Мерданов Ш.М., Закирзаков Г.Г., Оржаховский В.Г., Петровец В.С. – № 2003125101/11; заявл. 13.08.2003; опубл. 20.02.2005, Бюл. № 5.

12. Быков В.Ю. Определение параметров процесса прессования снега и вакуум-прессового оборудования для снегоуборочной машины: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 2010. – 19 с.

13. Устройство для уплотнения снега: пат. Рос. Федерация / Быков В.Ю., Шестопалов К.К. – № 2010125353/21; заявл. 22.06.2010; опубл. 20.12.2010, Бюл. № 35.

14. Устройство для уплотнения снега: пат. Рос. Федерация / Зверев О.М., Перминов А.В. – № 2021123272; заявл. 02.08.2021; опубл. 31.03.2022, Бюл. № 10.

15. Пневмотранспортная установка для уборки снега с крыши: пат. Рос. Федерация / Задорина Л.В., Зверев О.М., Муратова В.А., Оборина Е.М., Фунтяева В.В., Караваев В.В. – № 2019129679; заявл. 19.09.2019; опубл. 15.01.2020, Бюл. № 3.

16. Муратова В.А., Фунтяева В.В., Зверев О.М. Мобильный пневмотранспортер для уборки снега и мусора с крыш и придомовых территорий // *Construction and Geotechnics*. – 2021. – Т. 12, № 2. – С. 42–50. DOI: 10.15593/2224-9826/2021.2.04

17. Устройство для удаления сосулек и наледей: пат. Рос. Федерация / Задорина Л.В., Зверев О.М., Муратова В.А., Перминов А.В. – № 2020122158; заявл. 28.04.2020; опубл. 22.10.2020, Бюл. № 30.

18. Нихромовый ледорез против наледей и сосулек / Л.В. Задорина, В.А. Муратова, О.М. Зверев, Д.М. Малых // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика*. – 2018. – № 3. – С. 44–55.

References

1. Kuldoshina V.V., Zhogal' A.V., Lupunchuk M.Yu. Sovremennyye podhody k resheniyu problem utilizatsii snega [Modern approaches to solving the problems of snow disposal]. *Mezhdunarodnyj tekhniko-ekonomicheskij zhurnal*, 2018, no. 5, pp. 79-84.

2. Druzhakina O.P. Ekologicheskie aspekty utilizatsii snezhnyh mass s gorodskih territorij [Environmental aspects of the disposal of snow masses from urban areas]. *Upravlenie tekhnosferoj*, 2019, vol. 2, no. 1, pp. 91-105.

3. Strokin A.S., Chudajkin A.D., Polyakov R.S. Ekologicheskie problemy utilizatsii snega v gorode [Environmental problems of snow disposal in the city]. *Vysokie tekhnologii v stroitel'nom komplekse*, 2019, no. 2, pp. 56-60.

4. Kazakova E.N., Lobkina V.A. Zavisimost' plotnosti otlozhennogo snega ot ego struktury i tekstury [Dependence of the density of deposited snow on its structure and texture]. *Kriosfera zemli*. 2018, vol. 22, no. 6, pp. 64-71.

5. *Sneg [Snow]*. Eds. D.M. Grey, D.H. Meil. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1986, 751 p.

6. Nezamaev A.S., Nezamaeva N.N. Opredelenie racional'noj plotnosti snezhnyh blokov dlya ih transportirovki [Determination of the rational density of snow blocks for their transportation]. *Nazemnye transportno-tekhnologicheskie komplekсы i sredstva. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*, Tyumen, Tiimenskii industrial'nyi universitet, 2015, pp. 230-233.

7. Chernyakova O.O., Kiselev P.V., Ponyatov A.G. Issledovaniya uplotneniya snega [Snow compaction studies]. *Nazemnye transportno-tekhnologicheskie komplekсы i sredstva. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*, Tyumen, Tiimenskii industrial'nyi universitet, 2016, pp. 330-334.

8. Egorov A.L., Merdanov Sh.M., Zakirzakov G.G., Logvinskij M.P. Ustrojstvo dlya uplotneniya i pogruzki snega [Device for compaction and loading of snow]. Patent Rossiiskaia Federaciia no. 2005106938/11 (2006).
9. Merdanov Sh.M., Karnauhov N.N., Orzhahovskij V.G., Zakirzakov G.G., Fatullaev E.F., Egorov A.L. Snegouborochnaya mashina [Snow removal machine]. Patent Rossiiskaia Federaciia no. 2002101577/28 (2003).
10. Egorov A.L. Obosnovanie rabochih parametrov snegouborochnoj mashiny s uplotnyayushchim rabochim organom [Justification of the operating parameters of a snowplow with a sealing working body]. Abstract of Ph. D. thesis. Tyumen, 2004, 15 p.
11. Karnaukhov N.N., Merdanov Sh.M., Zakirzakov G.G., Orzhakhovskiy V.G., Petrovets V.S. Ustrojstvo dlya izgotovleniya snezhnykh blokov [Device for making snow blocks]. Patent Rossiiskaia Federaciia no. 2003125101/11 (2005).
12. Bykov V.Yu. Opredelenie parametrov protsessa pressovaniya snega i vakuum-pessovogo oborudovaniya dlya snegouborochnoj mashiny [Determination of parameters of the process of pressing snow and vacuum-pressing equipment for a snowplow]. Abstract of Ph. D. thesis. Moscow, 2010, 19 p.
13. Bykov V.YU., SHestopalov K.K. Ustrojstvo dlya uplotneniya snega [Snow compaction device] Patent Rossiiskaia Federaciia no. 2010125353/21 (2010).
14. Zverev O.M., Perminov A.V. Ustrojstvo dlya uplotneniya snega [Snow compaction device] Patent Rossiiskaia Federaciia no. 2021123272 (2022).
15. Zadorina L.V., Zverev O.M., Muratova V.A., Oborina E.M., Funtyaeva V.V., Karavaev V.V. Pnevмотransпортная установка для уборки снега с крыши [Pneumatic transport installation for snow removal from the roof] Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2019129679 (2020).
16. Muratova V.A., Funtyaeva V.V., Zverev O.M. Mobil'nyj pnevмотранспортер для уборки снега и мусора с крыш и придомовых территорий [Mobile pneumatic transporter for snow and garbage removal from roofs and house areas]. *Construction and Geotechnics*, 2021, vol. 12, no. 2, pp. 42-50. DOI: 10.15593/2224-9826/2021.2.04
17. Zadorina L.V., Zverev O.M., Muratova V.A., Perminov A.V. Ustrojstvo dlya udaleniya sosulek i naledej [Ice and ice removal device] Patent Rossiiskaia Federaciia no. 2020122158 (2020).
18. Zadorina L.V., Muratova V.A., Zverev O.M. Nihromovyy ledorez protiv naledej i sosulek [Nichrome ice cutter against ice and icicles] *PNRPU Bulletin. Applied ecology. Urban development*, 2018, no. 3, pp. 44-55.

S. Myrzina, K. Ozerova, O. Zverev, A. Perminov

SNOW DISPOSAL BY PRESSING

The level of snow in some regions of Russia reaches considerable values, therefore, for the safety and active life of people, it is necessary to dispose of snow rationally and economically advantageous. This is possible by increasing the density of snow.

The purpose of the work was the development, patenting, manufacturing and testing of a new "snow compaction device". The task was to create an extremely simple, cheap, mobile and easy-to-use installation for compacting snow, which is essentially a heated and pressing formwork. It contains a volumetric housing formed by the upper and side walls, two of which remain stationary during pressing, and the other two are movable due to the mechanical drive of the sealing mechanism consisting of screw studs with nuts.

The fixed walls of the housing are a plywood base with a thickness of 18 mm with grooves 3 mm deep, into which a HeatUp WFOH 220/20 heating cable with a length of 10 m and a power of 200 watts is inserted. The movable side walls 3 were made of a 1520 × 1520 plywood sheet cut in half, 21 mm thick, 40 m of 22PV/15700 cable with a power of 700 Watts was inserted into the grooves. The cables are covered with a 0.4 mm thick galvanized steel sheet. The total power of heating cables is 2 kW.

Four snow blocks were made with different formation parameters. As a result, the technology of manufacturing snow blocks of high density (up to 540 kg/m³) and high strength, sufficient for lifting by crane and subsequent transportation, was worked out, and a rational method of pressing snow was found.

The assessment of the compressive strength of snow blocks showed that with the help of the device it is possible to erect walls up to 3.5 m high. The device placed on the end allows you to make blocks with a height of 1.5 m, so then it was decided to build up the snow block. The PNRPU logo was made.

Keywords: snow, snow compaction, snow utilization, snow construction.

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

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

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

Перминов Анатолий Викторович (Пермь, Россия) – доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой «Общая физика», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (Пермь, 614990, Комсомольский пр., 29, e-mail: perminov1973@mail.ru).

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

Kseniya Ozerova (Perm, Russian Federation) – Student, Faculty of Civil Engineering, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomol'sky 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, Komsomol'sky av., 614990, Perm, e-mail: ckko-smt2@pstu.ru).

Anatoliy Perminov (Perm, Russian Federation) – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Department of General Physics, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomol'sky av., 614990, Perm, e-mail: perminov1973@mail.ru).

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов равноценен.

Поступила: 08.04.2022

Одобрена: 17.05.2022

Принята к публикации: 30.08.2022

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: 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

Please cite this article in English as: Myrzina S., Ozerova K., Zverev O., Perminov A. Snow disposal by pressing. *PNRPU Bulletin. Applied ecology. Urban development*, 2022, no. 2, pp. 34–44. DOI: 10.15593/2409-5125/2022.02.04