

DOI: 10.15593/2409-5125/2020.01.07

УДК 697.911, 692.4, 621.6-1/-9

Л.В. Задорина, В.А. Муратова, О.М. Зверев

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПНЕВМОТРАНСПОРТА ДЛЯ УБОРКИ СНЕГА С КРЫШИ

Рассмотрены различные подходы к уборке снега с крыш – пассивные и активные, один из активных методов – сдувание снега струей сжатого воздуха. Представлена изготовленная авторами полезная модель «пневмотранспортная установка для уборки снега с крыши», которая содержит воздухоудвную машину, нагнетательный трубопровод в виде жесткого участка с конфузуром и присоединенных к нему секций из воздухонепроницаемой плащевой ткани, припуском на шов наружу. Секции соединены с помощью замков-молний. Над жестким участком нагнетательного трубопровода расположен съемный загрузочный бункер, в верхней части которого установлена режущая решетка. Снизу на подпружиненном жестком участке нагнетательного трубопровода установлен вибратор. Проведенные испытания установки показали, что с помощью вентилятора мощностью 210 Вт можно перемещать снег как минимум на 18 м по горизонтали. При 6-метровом воздуховоде из плащевой ткани установка поднимает снег как минимум на 2 м. При использовании нагнетательных трубопроводов из скользкой для снега ткани при определенном уклоне длина трубопроводов может не ограничиваться. Предложенная полезная модель недорогая (около 7000 руб.), мобильная – легко переносится одним человеком, позволяет не сбрасывать снег под карнизом, а компактно складировать его на расстоянии от здания. Недостатки установки, выявленные при изготовлении и испытаниях, устранены в новой заявке на полезную модель.

Ключевые слова: уборка снега, пневмотранспорт, эжектор, тканевый трубопровод.

Введение

В холодное время года в нашей стране актуализируется такая проблема, как необходимость современной очистки крыш от снега и наледи. Масса скопившегося на крыше снега в V снеговом регионе может достигать 250 кг. Подтаивание снега от теплопотерь здания и солнечной радиации приводит к образованию наледей и сосулек, наносящих вред кровельному материалу, и создает опасность его лавинообразного схода. Оборудованное на крыше снегозадержание не всегда обеспечивает необходимый барьер. Повреждается кровельный материал, водостоки, находящиеся внизу коммуникации, техника, также возникает опасность для здоровья и жизни людей.

1. Обзор существующих технологий

Технологии очистки скатных крыш от снега предполагают два подхода: *пассивный* – сделать конструкцию крыши такой, чтобы падающий снег не задерживался на ней, а сразу безопасно скатывался с нее; *актив-*

ный – различными устройствами сгрести или стряхнуть, сдуть воздухом, смыть горячей водой или расплавить [1].

При *пассивном* подходе есть два решения, первое из которых чисто конструкционное. Если сделать крышу с уклоном 60° и более, то исходя из СП 20.13330.2016 снеговую нагрузку можно не учитывать. Проведенные нами наблюдения и исследования [1, 2] показали, что и на крутых крышах, особенно из шифера и ондулина, снег, выпадающий при температурах, близких к 0°C , может задержаться, а потом бесконтрольно сойти. Поэтому вторым решением является попытка предотвратить прилипание снега к кровле [3], для чего предлагается максимально утеплять чердачное перекрытие и, проветривая чердак, поддерживать температуру ниже нуля. Это сложно и ненадежно, поэтому в большинстве случаев на крыше устанавливают снегозадержание.

Способы и устройства, использующиеся при *активном* подходе, можно разделить по типу воздействия на механические и тепловые. Способы, использующие плавление снега и льда, можно разделить, исходя из источников тепла: горячая вода [4], тепловые сети [5], пар [6], электронагрев [7], воздух из вентиляции [8]. Тепловые способы проверены нами в работах [1, 2].

Механические способы предполагают расчистку снега сгребанием, например лопатой или «плужковым сбрасывателем» [9], стряхиванием [10, 11] или сдуванием.

Убирать снег струей сжатого воздуха – способ заведомо более «щадящим» для материала кровли, чем сгребание или вибрации. Автор [12] предлагает следующий способ уборки: снег с поверхности крыши сдувается струей сжатого воздуха из гибкого шланга, передвигаемого оператором, сидящим на коньке, вдоль которого расположена труба от компрессора на чердаке здания. Снег сбрасывается с крыши через ее карниз.

В изобретении «Крыша» [13] предлагается автоматизировать уборку снега. На коньке крыши установить планку 1, через пружину 2 шарнирно соединить с ней вторую планку 3, к которой прикрепить соединенные пружиной еще две планки 4, на которых установлены электромагниты 5 и шланги 6, идущие от компрессора 7 (рис. 1). Все устройство управляется через провод 8 от выпрямителя 9 через сложную схему с D-триггерами и реле. Сначала после включения компрессора электромагнитами 5 и пружинами 2 меняется угол между планками 4 и происходит обдув крыши поперек ската. Потом меняется угол между планками 1 и 3 и происходит обдув вдоль ската.

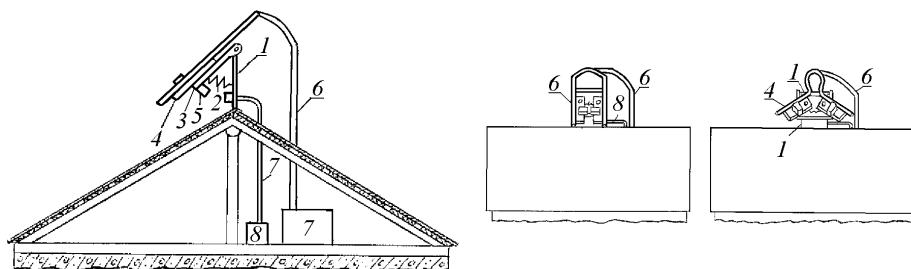


Рис. 1. Изобретение «Крыша» [13]

Проверку патентов [12, 13] мы провели с помощью компрессора REMEZA 24.11048B (мощность 1,8 кВт, производительность 0,26 м³/мин). С модели крыши площадью 1,5 м² снег толщиной 5 см сдували 4 мин 20 с – это очень медленно (ПТУДУС 1 https://youtu.be/LXP_48tjuzw). Использование компрессора большей мощности, без сомнения, увеличит скорость очистки, но такой компрессор будет иметь большую массу и размер, что может затруднить его размещение на чердаке.

Можно увеличить производительность, используя вместо компрессора вентилятор. Это решение предложено в «способе предотвращения образования сосулек, налета снега, налета твердых частиц вещества» [14] и «подвижном устройстве для сдува снега и твердых частиц» [15] (рис. 2, а). На крышу дома 1 размещают устройство для сдува 2, с датчиком осадков 3, которое создает воздушный поток 4. Устройство 2 имеет поворотный механизм 5 на каретке 6, катается по коньку или внешней опоре 7 и дует в различных направлениях. Авторы [16] предлагают вентилятор высокого давления 1 поставить на гусеничный или колесный 2 ход и соплом 3, ориентированным под углом к очищаемой поверхности 4, сдувать снег с крыш, в том числе с мягкой кровлей (рис. 2, б.). Устройства [15, 16] сложны в изготовлении и эксплуатации.

С использованием воздуходувки Echo ES-2100 (мощность 0,510 кВт (0,7 л.с.), производительность 9 м³/мин) удалось очистить снег толщиной около 5,5 см с ондулина площадью 1,5 м² за 60 с (ПТУДУС 2 <https://youtu.be/MU0wgOZIKbM>). При меньшей мощности, но большей производительности воздуходувка оказалась в 4–5 раз эффективнее компрессора. Но оба устройства отбрасывают снег примерно на 0,5–1 м, максимум на 1,5 м. При большой длине крыши при продвижении шланг компрессора или вентилятор будут создавать растущий снежный вал, который все труднее будет сдуть воздухом. Слежавшийся снег можно сдуть, только предварительно взрыхлив его, например лопатой. Но тогда утратится необходимость в изобретениях [3–7].

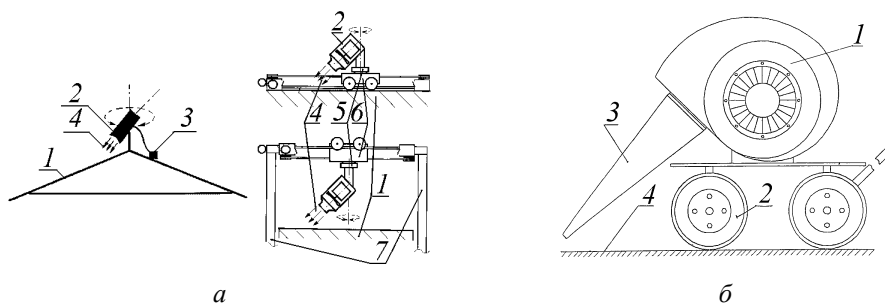


Рис. 2. Уборка снега сдувом: *а* – способ [14] и устройство [15]; *б* – снегоуборщик [16]

2. Экспериментальная часть

Главный недостаток изобретений [3–7] – малую дальность отбрасывания снега – можно устранить, заставив воздух толкать снег по трубе, т.е. использовать пневмотранспорт. Сначала мы проверили идею пневмотранспортирования, собрав модель из сантехнических труб и тройника с наружным диаметром 50 мм. В качестве воздуходувной машины использовали пылесос «Ракета». Первоначально, после включения пылесоса, воздух шел и прямо, и в верхнюю горловину тройника. После того как в трубе перед тройником сделали эжектор, перекрыв сверху клином из пеноплекса, появилась тяга воздуха в тройник (ПТУДУС 3 <https://youtu.be/S8DIJhwNYbo>). По сути, мы изготовили пульверизатор (краскопульт), но для сыпучих материалов.

Поскольку первые испытания проводились в сентябре, то вместо снега мы использовали сухой опил. Пневмонагнетательный трубопровод состоял из трех секций по 2 м. Две секции – пластиковые трубы, третью склеили из парниковой пленки. Опил успешно транспортировался на 6 м, но плохо поступал в загрузочное отверстие. Для увеличения производительности пришлось стучать по тройнику молотком (ПТУДУС 4 <https://youtu.be/sxmZ7qwunX0>). Из этого можно сделать вывод, что для лучшей загрузки необходим вибратор. Поэтому в качестве прототипа выбрали «нагнетательную пневмотранспортную установку» [17], в состав которой входят вибраторы. Установка [17] состоит из воздуходувной машины 1, нагнетательного трубопровода 2, загрузочного бункера 3, питателя 4 и опоры 5 для трубопровода 2 (рис. 3). С помощью рессор 6 близкие к воздуходувной машине 1 участки 7 нагнетательного трубопровода 2 крепятся к опоре 5. На этих участках 7 установлены вибраторы направленного действия 8. С нагнетательным трубопроводом 2 участки 7 соединены эластичными патрубками 9.

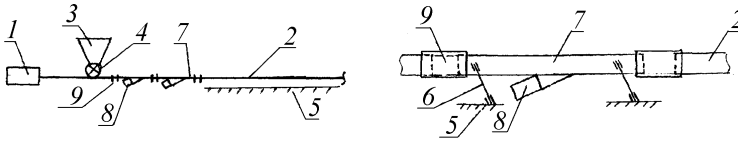


Рис. 3. Нагнетательная пневмотранспортная установка [17]

Если нагнетательный трубопровод изготовить из труб, то будет сложно поднимать их на крышу и собирать там. Другая проблема – вопрос хранения трубы летом. Главная идея и новизна нашей полезной модели [18] состоит в том, что секции нагнетательного трубопровода предлагается изготовить из воздухонепроницаемой ткани. В транспортном положении такой трубопровод можно свернуть в рулон.

Наша полезная модель «пневмотранспортная установка для уборки снега с крыши» [18] (рис. 6) содержит воздуходувную машину 1, жесткий участок нагнетательного трубопровода 2, загрузочный бункер 3 и питатель 4 для подачи снега в трубопровод 2, опору 5, на которой через пружины 6 установлен жесткий участок нагнетательного трубопровода 2 с питателем 4. К жесткому участку нагнетательного трубопровода 2 крепится вибратор направленного действия 7. Жесткий участок нагнетательного трубопровода 2 с воздуходувной машиной соединен эластичным патрубком 8, который зафиксирован с помощью бандажей 9. Остальная часть нагнетательного трубопровода собирается из тканевых секций 10. Материал секций должен иметь низкий коэффициент трения со снегом, для этого подходит плащевая ткань с водоотталкивающей пропиткой. Секция, приходящаяся на карниз 11, армирована спиралью из проволоки.

Работу с пневмотранспортной установкой оператор начинает с закрепления опоры установки 5 с помощью растяжки 12 к анкерной точке на коньке крыши (рис. 4, б). После этого на необходимую длину собираются тканевые секции 10 нагнетательного трубопровода, армированная секция 11 крепится на карнизе, вертикальные секции растяжками 13 закрепляются над кузовом автомобиля или над местом удобного складирования снега. После включения установки снег в бункер 3 загружается лопатой.

Вибратор 7 предназначен для сообщения участку 2 нагнетательного трубопровода направленных колебаний, которые способствуют ссыпанию снега по загрузочному бункеру 3 и сообщают выпавшему на дно трубопровода снегу импульс, направленный вверх и в сторону движения воздуха. При этом происходит виброоживление снега, что предотвращает забивание нагнетательного трубопровода.

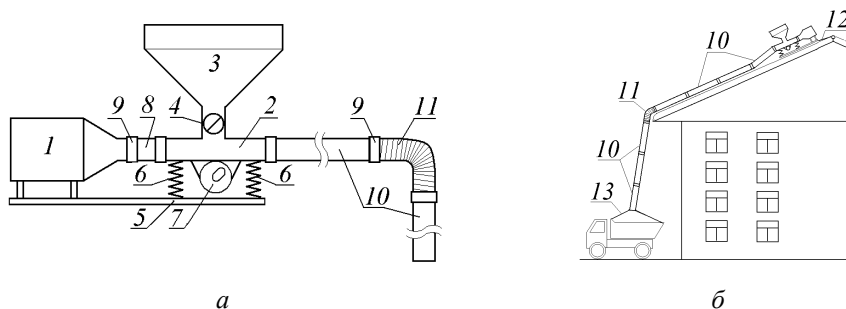


Рис. 4. Пневмотранспортная установка для уборки снега с крыши [18]:
а – схема установки; *б* – принцип ее работы

На рис. 5 представлена фотография «пневмотранспортной установки для уборки снега с крыши» [18]. Для удобства транспортировки рукав тканевого трубопровода, состоящего из двух секций, свернут. В качестве воздуходувной машины мы использовали вентилятор WNK 250/1 мощностью 210 Вт с максимальным расходом воздуха $18 \text{ м}^3/\text{мин}$ и максимальным давлением 520 Па. Жесткий участок нагнетательного трубопровода, в начале которого установлен конфузор, изготовлен из пластикового канализационного двухраструбного тройника с внешним диаметром 110 мм (внутренний 100 мм) и закреплен на фанерной площадке, которая опирается на четыре пружины. Сверху тройника находится загрузочный бункер. В качестве вибратора использовался электродвигатель (частота 2700 об./мин) с грузом-дебалансом на валу, прикрепленный снизу к подпружиненной площадке. Эластичный патрубок из плащевой воздухонепроницаемой ткани с вентилятора на жесткий участок сшит конусом. Секции нагнетательного воздуховода изготовлены из плащевой мембраны Fitto, припуском на шов наружу и пропиткой внутрь. Было изготовлено две трехметровых секции.

Изготовление и испытания пневмотранспортной установки выявили следующие недостатки полезной модели. Питатели для пневмотранспорта являются сложными и дорогостоящими устройствами [19]. Но если питатель не поставить внизу загрузочного бункера, то сжатый воздух идет не только по нагнетательному трубопроводу, но и вверх в горловину загрузочного бункера и не дает падать снегу. Вместо питателя гораздо проще и дешевле поставить в жестком участке нагнетательного трубопровода эжектор, для того чтобы появилась тяга воздуха и снега из бункера, что и было сделано.

Если сделать боковые стенки загрузочного бункера с малым уклоном, то снег медленно поступает в нагнетательный трубопровод. Оптимальным

является угол $45\text{--}60^\circ$. Но в этом случае высота бункера составляет больше половины высоты установки и она не проходит в большинство слуховых окон, через которые осуществляется доступ на крышу. Снижается мобильность установки и удобство работы с ней. Загрузочный бункер должен быть съёмным, что и было сделано.

Рыхлый свежесвыпавший снег легко ссыпается из загрузочного бункера. Но куски слежавшегося снега приходилось дробить лопатой до размера нижней горловины. Снижается эффективность и производительность установки. Обычная кладочная сетка (диаметр 2 мм, ячейка 50 мм), положенная сверху загрузочного бункера, за счет вибраций режет куски снега. Вверху загрузочного бункера необходима режущая решетка, например из оцинкованного железа толщиной 0,5–0,7 мм.

Бондажи 9 (см. рис. 4) остались от прототипа. При изготовлении тканевых секций появилась идея соединять их замками-молниями. Шестиметровый нагнетательный трубопровод оказалось возможным свернуть в рулон диаметром 7 см (см. рис. 5), из-за того, что каждый последующий виток будет все длиннее, стометровый рулон будет иметь диаметр 30–40 см.

В описании нашей полезной модели [18] предполагается, что оператор будет собирать тканевые секции нагнетательного трубопровода на крыше. В действительности, необходимую длину трубопровода можно собрать заранее, например на чердаке, и свернуть в рулон (см. рис. 5), поднять вместе с установкой на крышу, включить воздуходувную машину – и трубопровод развернется сам (ПТУДУС 5 <https://youtu.be/AWxS7eWPR-M>); 6 м трубопровода разворачивается за 3 с.



Рис. 5. Пневмотранспортная установка для уборки снега с крыши [18]



Рис. 6. Транспортирование вверх



Рис. 7. Транспортирование на 18 м

Испытания установки проводились 11.02.2019 при температуре -7°C . Сначала мы попытались транспортировать снег без включенного вибратора. Ничего не получилось – снег из бункера не ссыпался в эжекторную камеру. После включения вибратора установка заработала. Без включенного вибратора установка снег не транспортирует, так как он не ссыпается из бункера. Получает ли снег, попавший в вибрирующий жесткий участок трубопровода, дополнительный импульс вверх и вперед, происходит ли виброожижение – сказать сложно, но без вибраций бункера снег в горловину не ссыпается. Кроме того, испытания, проведенные в другие дни при температуре ниже -15°C , показали, что производительность установки на «холодном», не слипающемся снеге выше.

Транспортирование снега на 6 м по горизонтали происходит успешно, значит, по крыше с уклоном он будет двигаться. Есть угол, при котором снег будет скользить по тканевому трубопроводу и без помощи воздуха. Пока мы только можем сказать, что этот угол для плащевой мембраны Fitto составляет меньше 22° (1:2,5). Другими словами, если уклон кровли больше этого угла, то воздушный поток нужен только для поддержания формы трубопровода.

На следующем этапе экспериментов мы проверили, может ли установка транспортировать снег не вниз, а вверх. С шестиметровым трубопроводом установка может поднять снег как минимум на 2 м (рис. 6, ПТУДУС 6 <https://youtu.be/FF4h-YCOUU8>). Пневмотранспортную установку можно использовать для погрузки снега в кузов автомобиля.

Для определения возможной дальности транспортирования сначала к установке присоединили 12 м канализационных труб диаметром 110 мм (больше не было) и только потом к ним – 6 м тканевого трубопровода (рис. 7, ПТУДУС 7 <https://youtu.be/CAjk9ak9UOg>). Уклон сделали малым, примерно 1:45, т.е. на 18 м около 0,4 м. При увеличении длины трубопровода до 18 м производительность установки заметно не уменьшилась. Но иногда снег из загрузочного бункера «фонтанировал» (ПТУДУС 8 <https://youtu.be/4aPwYsae9ns>), по-видимому, из-за того, что с ростом длины возросло сопротивление трубопровода.

Выводы

С помощью пневмотранспорта можно успешно перемещать снег на десятки метров, что значительно облегчит его удаление с больших крыш с малым уклоном. Пневмотранспортная установка может быть использована для уборки придомовых территорий, причем не только от снега, но и от опавшей листвы.

Основное преимущество нашей полезной модели [18] по сравнению с рассмотренными аналогами [12–17] заключается в том, что конструкция устройства проще в изготовлении, не требует значительных экономических затрат в эксплуатации, ее эффективность обеспечивается тем, что при большом уклоне ската крыши за счет использования трубопроводов из скользящего материала перемещение снега можно осуществить на любое расстояние. Установка мобильна: за счет того, что трубопровод можно свернуть в рулон, ее можно быстро перенести на другой объект (крышу); также она позволяет не только сбросить снег с крыши, но и компактно его складировать. Недостатки модели, выявленные при изготовлении и испытании, устранены в новой заявке на полезную модель [20].

Список литературы

1. Теоретический и экспериментальный анализ способов и устройств для удаления снега со скатных крыш / Л.В. Задорина, В.А. Муратова, В.А. Голубев, О.М. Зверев // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2018. – № 1. – С. 70–85.
2. Задорина Л.В., Муратова В.А., Зверев О.М. Анализ способов и устройств для удаления снега со скатных крыш [Электронный ресурс] // Строительство и архитектура. Опыт и современные технологии: Современные технологии в строительстве. Теория и практика: материалы X Всерос. молодеж. конф. аспирантов, молодых ученых и студентов (Ч. 1, июнь, 2018 г.). – 2018. – Вып. 10. – С. 376–385.
3. Способ предотвращения образования наледей и сосулек на чердачных крышах: пат. 2467138 Рос. Федерация: E04D 13/17 / Н.А. Седых, В.П. Занин, И.М. Руднев. – № 2011106529/03; заявл. 21.02.2011; опубл. 20.11.2012 – Бюл. № 32.
4. Устройство удаления снега и льда со скатных крыш: п.м. 178961 Рос. Федерация: МПК E04D 13/076 / Е.В. Никитин. – № 2017112080; заявл. 10.04.2017; опубл. 24.04.2018. – Бюл. № 12.
5. Установка для таяния снега: пат. 2339759 Рос. Федерация: МПК E01H 5/10 / А.И. Холинов, А.В. Харихин, В.К. Екимов. – № 2007105089/11; заявл. 12.02.2007; опубл. 27.11.2008. – Бюл. № 33.
6. Способ удаления снега и льда с крыши: пат. 2457305 Рос. Федерация: МПК E04D 13/076 / В.Г. Кулешов, Л.М. Трубицына. – № 2011111311/03; заявл. 25.03.2011; опубл. 27.07.2012. – Бюл. № 21.
7. Устройство для удаления снега и льда с карнизного свеса крыши: пат. 2392398 Рос. Федерация: МПК E04D 13/076 / Э.А. Ахадов, Г.Н. Бондаренко, С.А. Новиков, О.В. Саломатин, А.И. Симонович, Г.Н. Степанчук, А.А. Трусов, В.П. Хлопков, Т.В. Чяснавичене, Т.Г. Шиндина, Г.Н. Янченко. – № 2009115991/03; заявл. 28.04.2009; опубл. 20.06.2010 – Бюл. № 17.
8. Устройство для устранения снега, наледи и сосулек: пат. 2570582 Рос. Федерация: E04D 13/076 / В.Б. Беляев. – № 2014116928/03; заявл. 25.04.2014; опубл. 10.12.2015. – Бюл. № 34.
9. Устройство для уборки снега с крыши здания: пат. 2459053 Рос. Федерация: МПК E04D 13/076 / Ю.Д. Тарасов. – № 2010142143/03; заявл. 13.10.2010; опубл. 20.08.2012. – Бюл. № 23.
10. Агрегат для уборки наледи и снега: пат. п.м. 179 732 Рос. Федерация: МПК E04D 13/076 / С.А. Сычев, А.А. Царенко. – № 2017143223; заявл. 11.12.2017; опубл. 23.05.2018. – Бюл. № 15.
11. Устройство для удаления снега и наледи с наклонной кровли: п.м. 183248 Рос. Федерация: МПК E04D 13/076 / В.А. Голубев, Л.В. Задорина, О.М. Зверев, В.А. Муратова. – № 2017142846; заявл. 07.12.2017; опубл. 02.08.2018. – Бюл. № 22.
12. Способ уборки снега с крыши здания: пат. 2459054 Рос. Федерация: МПК E04D13/076 / Ю.Д. Тарасов. – № 2010142144/03; заявл. 13.10.2010; опубл. 20.08.2012. – Бюл. № 23.

13. Крыша: пат. 2471939 Рос. Федерация: МПК E04D 13/076 / М.С. Беллавин. – № 2011122073/03; заявл. 31.05.2011; опубл. 10.01.2013. – Бюл. № 1.
14. Способ предотвращения образования сосулек, налета снега, налета твердых частиц вещества: пат. 2462566 Рос. Федерация: МПК E04D 13/076 / С.А. Шамраев, В.В. Шамраев. – № 2011101083/03; заявл. 12.01.2011; опубл. 27.09.2012. – Бюл. № 27.
15. Подвижное устройство для сдува снега и твердых частиц: пат. п.м. 127103 Рос. Федерация: МПК E04D 13/076 / С.А. Шамраев, В.В. Шамраев, К.В. Кузнецов. – № 2012140582/03; заявл. 21.09.2012; опубл. 20.04.2013. – Бюл. № 11.
16. Снегоуборщик: пат. п.м. 114966 Рос. Федерация: МПК E01H 5/08 / Г.И. Игнатенков, В.Г. Игнатенков. – № 2011147893/13; заявл. 24.11.2011; опубл. 20.04.2012. – Бюл. № 11.
17. Нагнетательная пневмотранспортная установка: пат. 2276092 Рос. Федерация: МПК B65G 53/04 / Ю.Д. Тарасов. – № 2004134497/11; заявл. 25.11.2004; опубл. 10.05.2006. – Бюл. № 13.
18. Пневмотранспортная установка для уборки снега с крыши: пат. п.м. 186422 МПК E04D 13/076 / А.И. Бурков, Л.В. Задорина, О.М. Зверев, В.А. Муратова. – № 2018139192; заявл. 06.11.2018; опубл. 21.01.2019. – Бюл. № 3.
19. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины: учеб. пособие для машиностроительных вузов. – 3-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1983. – 487 с.
20. Пневмотранспортная установка для уборки снега с крыши: пат. п.м. 195081 МПК E04D 13/076, B65G 53/04 / Л.В. Задорина, О.М. Зверев, В.А. Муратова, Е.М. Оборина, В.В. Фунталева, В.В. Караваев. – № 2019129679; заявл. 19.09.2019; опубл. 15.01.2020. – Бюл. № 3.

References

1. Zadorina L., Muratova V., Golubev V., Zverev O. Theoreticheskiy i experimentalny analys sposobov i ustroystv dlya udaleniya snega so skatnykh krysh [Theoretical and experimental analysis of methods and devices for snow removal from pitched roofs]. PNRPU. Applied ecology. Urban development. 2018. No. 1. Pp. 70-85.
2. Zadorina L., Muratova V., Zverev O. Analys sposobov i ustroystv dlya udaleniya snega so skatnykh krysh [Analysis of methods and devices for snow removal from pitched roofs.]. Construction and Architecture. Experience and modern technologies. – 2018. – Vol. 10: proceedings of the Xth all-Russian youth conference of postgraduates, young scientists and student. Modern technologies in construction. Theory and practice. (V. 1, June, 2018). – P. 376-385.
3. Sedykh N.A., Zanin V.P., Rudnev I.M. Sposob predotvrashcheniya obrazovaniya naledey i sosulek na cherdachnykh kryshakh [A method for preventing the formation of ice and icicles in attic roofs]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2467138 (2012).
4. Nikitin E.V. Ustroystvo dlya udaleniya snega i l'da so skatnykh krysh [Structure of snow and ice removal from pitched roofs]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 178961 (2017).
5. Kholinov A.I., Kharykhin A.V., Ekimov V.K. Ustanovka dlya tayaniya snega [Snow melting machine]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2339759 (2008).
6. Kuleshov V.G., Trubitsyna L. M. Sposob udaleniya snega i l'da s kryshi [the Method of removing snow and ice from the roof]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2457305 (2012).
7. Ahadov E.A., Bondarenko G.N., Novikov S.A., Salomatin O.V., Simonovich A.I., Stepanchuk G.N., Trusov A.A., Khlopkov V.P., Chasnaviciene T.V., Shindina T.G., Yanchenko G.N. Ustroystvo dlya udaleniya snega i l'da s karniznogo svesa kryshi [the Device for removing snow and ice from the eaves of the roof]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2392398 (2010).
8. Belyaev V.B. Ustroystvo dlya ustraneniya snega, naledi i sosulek [the Device for removing snow, ice and icicles]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2570582 (2015).
9. Tarasov Y.D. Ustroystvo dlya uborki snega s kryshi zdaniya [the Device for cleaning snow from the roof of the building]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2459053 (2012).
10. Sychev S.A., Tsarenko A.A. Aqregat dlya uborki naledi i snega [Unit for cleaning of ice and snow]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 179732 (2017).

11. Golubev V.A., Zadorina L.V., Zverev O.M., Muratova V.A. Ustroystvo dlya udaleniya snega i naledi s naklonnoy krovli [Device for snow and glacier removal from sloped roofs]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 183248 (2017).

12. Tarasov Y.D. Sposob uborki snega s kryshi zdaniya [the Method of snow removal from the roof of the building]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2459054 (2012).

13. Bellavin M.S. Krysha [Roof] Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2471939 (2013)

14. Shamraev S.A., Shamraev V.V. Sposob predotvrashcheniya obrazovaniya sosulek, naleta snega, naleta tverdykh chastits veshchestva [A method of preventing the formation of icicles, snow plaque, plaque solids] Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2462566 (2011).

15. Shamraev S.A., Shamraev V.V., Kuznetsov K.V. Podvignoe ustroystvo dlya sduva snega i tverdykh chastits [Mobile device for blowing off snow and solid particles] Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 127103 (2012)

16. Ignatenkov G.I. Ignatenkov V.G. Snegouborshchic [Snowthrower] Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 114966 (2012)

17. Tarasov Yu.D. Nagnetatel'naya pnevмотransпортная установка [Pneumatic discharge unit] Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2276092 (2006)

18. Burkov A.I., Zadorina L.V., Zverev O.M., Muratova V.A. Pnevмотransпортная установка dlya uborki snega s kryshi [Pneumatic transport installation for snow removal from the roof] Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 186422 (2019)

19. Spivakovskiy A.O., D'iachkov V.K. Transportiruiushchie mashiny [A transport vehicle] 2nd ed. Moscow, Mashinostroenie, 1983, 487 p.

20. Zadorina L.V., Zverev O.M., Muratova V.A., Oborina E.M., Funtyaeva V.V., Karavaev V.V. Pnevмотransпортная установка dlya uborki snega s kryshi [Pneumatic transport installation for snow removal from the roof] Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 195081 (2020)

Получено 10.10.2019

L. Zadorina, V. Muratova, O. Zverev

ON THE POSSIBILITY OF USING PNEUMATIC TRANSPORT FOR SNOW REMOVAL FROM THE ROOF

Perm Krai is located in the V snow region, so timely removal of snow from the roof is very important. The article discusses various approaches to cleaning snow from roofs. These approaches can be divided into passive and active. One of the active methods is blowing off snow with a stream of compressed air. We consider a utility model made by the authors "pneumatic transport system for cleaning snow from the roof", which contains a blower machine, a discharge pipe in the form of a hard section with a confuser and sections connected to it from an airtight raincoat fabric, with a seam allowance outside. The sections are connected using zippers. A removable feed hopper is located above the rigid section of the discharge pipe, and a cutting grill is installed in the upper part of it. From below, a vibrator is installed on a spring-loaded hard section of the discharge pipe. Tests of the installation showed that with the help of a 210 W fan, snow can be moved at least 18 m horizontally. With a six-meter duct made of raincoat fabric, the unit raises snow by at least 2 m. When using pressure pipelines made of fabric slippery for snow with a certain slope, the length of the pipelines can be infinite. The proposed utility model is inexpensive (about 7000 rubles), mobile – it is easy to carry by one person, it allows you not to dump snow under the eaves, but compactly store it at a distance from the building. Disadvantages of the installation identified during manufacture and testing are eliminated in the new application for a utility model.

Keywords: snow removal, pneumatic transport, ejector, fabric pipeline.

Задорина Лидия Вадимовна – студентка, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, Пермь, Комсомольский пр. 29, e-mail: lida14071998@mail.ru).

Муратова Виктория Андреевна – студентка, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, Пермь, Комсомольский пр. 29, e-mail: mva-98-vika@mail.ru).

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

Zadorina Lidiia (Perm, Russian Federation) – Student, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: lida14071998@mail.ru).

Muratova Viktoriia (Perm, Russian Federation) – Student, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: mva-98-vika@mail.ru).

Zverev Oleg (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Assistant Professor, Department of General Physics, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: ckko-smt2@pstu.ru).