DOI 10.15593/2409-5125/2019.01.07

УДК 692.4, 534.1

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

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

«ВИБРАЦИОННЫЙ ЭКИПАЖ» – УСТРОЙСТВО ДЛЯ УБОРКИ СНЕГА С КРЫШИ С ВИБРАЦИОННЫМ ДВИЖИТЕЛЕМ

Одним из важных вопросов, связанных с безопасностью жизни людей, является удаление снега с крыши. Рассмотрены способы удаления снега со скатных крыш. Они условно разделены на пассивные и активные методы. Подробно рассмотрены известные способы и устройства, использующие механическое воздействие для уборки снега с крыш. Целью работы было создание более простого по конструкции, дешевого, мобильного, более эффективного и универсального устройства для удаления снега. Представлена полезная модель, способ действия которой основывается на одновременном рыхлении сгребании и стряхивании снега. Приведено описание устройства и сравнение его с прототипом и аналогом, а также рассмотрены плюсы и минусы каждого из них. Обосновано достижение данного технического результата. Опытным путем получено, что плужковые сбрасыватели устройства (рабочие органы) должны быть толщиной около 10 мм, по высоте не превышать 100 мм. Описана технология уборки снега с крыши при использовании разработанной установки и объяснено, как выполняются классические законы механики при ее работе. Проведены испытания устройства на моделях крыш с различным уклоном и реальных крышах и ендовах, определена скорость его движения. Показано, что двух проходов установки достаточно для удаления 15 см слежавшегося снега. Экспериментально установлено, что наиболее эффективно удаление снега происходит, когда вибрации от двигателя через сбрасыватели передаются материалу кровли. Сделан вывод о целесообразности использования устройства на крутых крышах и ендовах. Дано определение крутой крыши с точки зрения удобства уборки снега ручным способом.

Ключевые слова: удаление снега, уборка снега, скатная крыша, вибрации, вибрационный экипаж.

Регулярная очистка крыш от снега – мероприятие необходимое. Инженеры и архитекторы, разрабатывая конструкцию кровли, принимают во внимание климатические условия определенной местности, чтобы крыша выдерживала давление снежного покрова. Но если пройдет несколько обильных снегопадов, давление может значительно превысить норму, вследствие чего конструкция крыши не выдержит и обрушится. Помимо

Задорина Л.В., Муратова В.А., Зверев О.М. «Вибрационный экипаж» – устройство для уборки снега с крыши с вибрационным двигателем // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2019. – № 1. – С. 103–115. DOI: 10.15593/2409-5125/2019.01.07

Zadorina L.V., Muratova V.A., Zverev O.M. “Vibrational carriage” – a device for the removal of snow from roofs with a vibration mover. PNRPU. Applied ecology. Urban development. 2019. No. 1. Pp. 103-115. DOI: 10.15593/2409-5125/2019.01.07

снега большую опасность представляет собой наледь – прочная корка льда, которая образуется из-за оттаивания снега днем и замерзания ночью. Также по периметру крыши могут образовываться сосульки, которые очень опасны при падении. Чтобы избежать ремонта крыши или опасных травм, должна регулярно проводиться уборка снега.

Именно поэтому необходимо рассмотреть и проанализировать теоретически и экспериментально возможные способы уборки снега с крыши.

Обзор существующих технологий. Методы удаления снега со скатных крыш мы условно разделили на два: пассивный заключается в том, чтобы сделать крышу такой, чтобы снежные осадки не задерживались на ней, активный заключается в сгребании, сдувании, плавлении и даже смывании снежного покрова с кровли [1].

Рассмотрим два решения в рамках пассивного метода, первое из которых конструкционное. Зимой все обращали внимание на то, что на верхних, пологих скатах ломаных крыш мансардного типа (типа «колокол») снег лежит, а на нижних, более крутых его нет. Из этого следует, что при большом уклоне вероятность скопления снега на крыше минимальна.

Еще одним решением является то, что снег не должен прилипнуть к кровельному материалу и не должен таять при контакте с ним [2]. Но предотвратить это достаточно сложно, а основная масса домовладельцев, наоборот, стремится избежать неконтролируемого схода снега и делает на крышах снегозадержание.

Способы активного метода по типу воздействия делятся на тепловые и механические. Тепловые способы основываются на плавлении льда и снега. Мы разделили их на основании источников выделяемого тепла: горячая вода [3], тепловые сети [4], пар [5], различные способы электронагрева [6], вентиляция [7]. Тепловые способы мы проверили, результаты анализа представлены в работах [1, 8].

Что касается механического воздействия, то снег можно сдуть, сгребать и стряхивать. Сдуть мы пробовали, реализуя способ уборки снега с крыши здания струей сжатого воздуха [9], а вот сгребать попробовали только лопатой. Однако есть предложения механизировать сгребание снега и обойтись без человека на крыше. Автор изобретения [10] предлагает разместить на скатах крыши связанные между собой карданные валы 1 со шнековыми лопастями 2, которые приводятся во вращение блоками 3, установленными на тележке 4. Тележка перемещается вдоль конька крыши с помощью двух канатов 5, которые прикреплены к барабанам лебедок 6. Электродвигатели приводных блоков 3 питаются от аккумуляторной батареи 7 (рис. 1).

Главным недостатком изобретения [10] является невозможность его использования на большинстве крыш, которые имеют вентиляционные трубы, слуховые окна, антенны и т.д. Второй недостаток – устройство довольно сложное в изготовлении и управлении и, как следствие, дорогое. Нет гарантий и в том, что шнековые лопасти не повредят материал кровли. Кроме того, устройство не обладает мобильностью – его нельзя перенести с одного здания на другое.

Рис. 1. Устройство для уборки снега с крыши здания [10]

Следующее устройство для уборки снега с крыши здания [11], схожее с нашей полезной моделью по ряду признаков, а также достигаемому эффекту, было принято за прототип (рис. 2). Устройство состоит из плужкового сбрасывателя 1, соединенного с двумя канатами 2 и 3, которые направлены вдоль ската крыши. Одна из ветвей канатов 3 огибает шкив 4. Он установлен с возможностью вращения на тележке 5. Другая ветвь 2 направлена в сторону карниза крыши, она огибает направляющую 6, которая закреплена под карнизом и выступает за его кромку. Затем ветвь 2 направлена вниз и закреплена на барабане лебедки 7. Лебедка прикреплена к тележке, перемещающейся вдоль здания. Второй канат 3 аналогично закреплён с противоположенной стороны барабана этой же лебедки.

Плужковый сбрасыватель *1* состоит из двух пластин. Они расположены относительно друг друга под определенным углом, который обращен к коньку крыши. Передвижение тележки *5* осуществляется с помощью двух тяговых канатов *8* и двух лебедок *9*. С помощью лебедки *7*, расположенной на земле, и канатов *2*, *3* плужковый сбрасыватель должен двигаться вверх и вниз по скату и сбрасывать снег, а с помощью еще двух канатов *8* и лебедок *9* устройство должно передвигаться параллельно коньку.

Рис. 2. Устройство для уборки снега с крыши здания [11]

Недостатки устройства [11] такие же, как у устройства [10]. Вообще, его применение кажется нецелесообразным. Глядя на рис. 2, хочется вместо тележки *5* посадить на конек человека и дать ему ветвь каната *2*, а человеку на земле дать ветвь *3*, чтобы они таскали плужковый сбрасыватель *1*.

Экспериментальная часть. При испытании вибратора, изготовленного для полезной модели [12], было замечено, что вибратор не только заставляет вибрировать доску, к которой он прикреплен, но и двигаться. Для проведения чистого эксперимента на платформе был закреплен вибратор с электродвигателем и аккумулятор общей массой 13,6 кг (рис. 3). Обнаружено, что груз-дебаланс массой 0,2 кг, который вращается на валу

по радиусу 20 мм с частотой около 50 об/с (3100 об/мин по паспорту электродвигателя) заставляет всю платформу не только вибрировать, но и двигаться горизонтально, перпендикулярно оси вращения вибратора. Если сменить направление вращения груза-дебаланса, то платформа тоже меняет направление движения на противоположное.

Такое поведение платформы с вибратором объясняется законами классической механики при рассмотрении сил, действующих на груз-дебаланс и на ось вибратора со стороны груза. Четыре положения груза-дебаланса и действующие на него сила тяжести $m\vec{g}$ и сила упругости $\vec{F}_r$, со стороны стержня направленная к валу, показаны на рис. 4. Другим концом стержень действует на вал с силой упругости $\vec{F}_b$, направленной в сторону груза. Если масса стержня пренебрежительно мала, то по третьему закону Ньютона $\vec{F}_r = -\vec{F}_b$. В данном случае уравнение движения груза имеет вид $m\vec{a}_ц = \vec{F}_r + m\vec{g}$, где m – масса дебаланса; $a_ц$ – центростремительное ускорение, $a_ц = \omega^2 R = (2\pi\nu)^2 R$; ω – угловая скорость, $\omega = 2\pi\nu$; ν – частота вращения; R – радиус траектории груза. На рис. 4 показан случай, когда центростремительное ускорение превышает ускорение свободного падения: $a_ц \geq \omega_0^2 R = (2\pi\nu_0)^2 R = g$, т.е. угловая скорость ω (частота ν) больше угловой скорости ω_0 (частоты ν_0), при которых груз в положении 1 находился бы в невесомости.

Рис. 3. Платформа с вибрационным двигателем

Рис. 4. Схема работы вибрационного двигателя

В верхнем положении 1 сила упругости, которая действует на груз $\vec{F}_{г1}$, направлена вниз: $F_{г1} = m(\omega^2 R - g)$, а сила упругости, которая действует на вал $\vec{F}_{в1}$, направлена в противоположенную сторону и стремится поднять всю установку. При выполнении условия $m(\omega^2 R - g) > Mg$, где M – масса всей установки, установка «подпрыгнет» и сила трения будет отсутствовать. Перемещает «подпрыгнувшую» установку влево горизонтальная составляющая силы упругости $\vec{F}_{в2}$ при движении груза-дебаланса из положения 1 в положение 2. Когда груз движется по нижней части траектории, он с силой $\vec{F}_{в3}$ прижимает установку к поверхности, на которой она находится, и в положении 3 сила трения будет максимальна. Поэтому когда груз движется по правой части траектории, установка вправо не перемещается из-за большой силы трения.

Установки (и живые организмы), аналогичные нашей, в работах И.И. Блехмана называются «вибрационными экипажами» [13, 14]. Это может быть «ворсистое» вибрирующее тело на шероховатой поверхности

Рис. 5. Вибрационные экипажи

или то же тело на вибрирующей поверхности (рис. 5, а). Для движения «вибрационного экипажа» нужно, чтобы сопротивление при вибрациях в одном направлении было меньше, чем в другом. Этот способ успешно используется в передвижных поверхностных виброуплотнителях (рис. 5, б) [15].

Деталью, сильно усложняющей изготовление и ограничивающей использование устройства [11], является лебедка 7 с канатами 2 и 3, устанавливаемая на земле рядом со зданием (см. рис. 2). Идея состоит в установке вибратора на «плужковый сбрасыватель снега» 1 и использовании «вибрационной силы» для его движения вниз по скату.

Целью полезной модели было создание более простого по конструкции, дешевого, мобильного, более эффективного и универсального устройства для удаления снега с крыши.

Полезная модель [16] содержит корпус 1, к которому на шарнирах 2 крепятся две пластины плужкового сбрасывателя 3 (рис. 6). На корпус 1 крепится вибрационный движитель 4 – вал 5 с грузом-дебалансом 6, установленный на подшипниках 7 и приводимый в движение ремнем 8 через шкивы 9 электродвигателем 10. Привод через шкивы пришлось сделать

для равновесия (рис. 7), платформа с «вибрационным двигателем» (см. рис. 3) при движении поворачивала в сторону двигателя. Питаться электродвигатель может кабелем 11, который также можно использовать для подъема устройства по скату крыши. Корпус 1 устройства изготовлен в виде ванны трапецевидной формы для предотвращения утопания устройства в снегу и защиты деталей двигателя от попадания снега.

Рис. 6. Устройство для уборки снега с крыши [16]: а – вид сверху; б – вид сбоку

Рис. 7. Вибрационный двигатель

Рис. 8. Оператор с полезной моделью [16]

Шарниры 2 первоначально предполагались для того, чтобы при подъеме устройства пластины сбрасывателя складывались, облегчая подъем. Первые же испытания показали, что шарниры гасят вибрации, не передавая их сбрасывателю. От шарниров пришлось отказаться и крепить пластины к корпусу и через уголок на 25 мм к основанию вибратора.

Использование двигателя на 12 В обеспечивает полную электробезопасность оператора, корпус реальной установки изготовлен с запасом для аккумулятора.

Для того чтобы убрать снег с крыши, оператор располагается на коньке крыши и опускает устройство на ее скат (рис. 8), затем включает двигатель 10. При вращении вала 5 с грузом-дебалансом 6 движатель 4 начинает вибрировать (подпрыгивать) и появляется дополнительная «вибрационная сила» [13, 14], направленная перпендикулярно оси вращения вала 5, совместно с силой тяжести заставляющая двигаться все устройство вниз по скату. Устройство толкает перед собой снег и в конечном итоге сбрасывает его с крыши. Чтобы предотвратить падение устройства с крыши, необходимо прикрепить канат 11 на необходимую длину к коньковой анкерной линии. К ней же по технике безопасности необходимо прикрепить фал оператора [17]. Подъем установки по скату осуществляется оператором путем подтягивания установки за канат 11. Если изменить направление вращения груза-дебаланса 6, то сила тяги движателя 4 поможет оператору. После очистки одного участка крыши оператор передвигается по коньку и осуществляет проделанную операцию на другой части. Для обхода слуховых окон или труб оператор может поменять направление движения устройства путем поворота движателя относительно корпуса.

Первые испытания полезной модели проводились еще зимой 2017/18 г. Они показали, что скорость движения установки и эффективность удаления снега, конечно же, зависят от уклона и материала кровли, но в первую очередь – от формы и размеров плужкового сбрасывателя. Миллиметровое железо мгновенно тонет в плотном снегу и не рыхлит его, на 30-миллиметровых брусках установка съезжает как на лыжах. Пластины сбрасывателя из 9-миллиметровой фанеры высотой 90 мм и длиной 1,2 м оказались оптимальными (см. рис. 8).

Основная часть испытаний была проведена 21.12.2018 г. при температуре -17°C . Согласно СП 20.13330.2016, при уклоне крыши 60° и более снеговую нагрузку можно не учитывать. Поэтому эксперименты начались с уклона 45° , и обнаружилось, что на рыхлом свежевыпавшем снегу толщиной 5–7 см установка, нагруженная аккумулятором (общая масса 18 кг), съезжает вниз без включения вибрационного движателя и сталки-

вает снег на землю. На уклоне 25° на слежавшемся снеге (6 дней) установка без аккумулятора (9,5 кг) движется медленно (0,5 м за 20 с), не рыхляя плотного слоя, а нагруженная аккумулятором увеличивает скорость в 4–5 раз, и плужковые сбрасыватели, врезаясь в плотный снег, рыхлят и толкают его (рис. 9). Все эксперименты снимались на видео, и на них видно, что как только плужковые сбрасыватели «пробиваются» до железа кровли, они заставляют вибрировать и его. Это приводит к тому, что движутся вниз по скату не только куски снега перед сбрасывателями, но и находящиеся выше. Вывод – удаления снега можно добиться не только рыхлением и сталкиванием, но и вибрацией кровельного материала. На ондулине и шифере такого эффекта не наблюдалось.

После удаления плотного снега на ту же крышу было насыпано 5 см свежего снега и по нему с полутораметровой крыши установка «слетела» за 2 с (см. рис. 8). А вот на уклоне 15° на свеженасыпанном снеге установка показала скорость 5 см/с – шла медленно.

Второй вывод очевиден – чем круче крыша, тем быстрее происходит уборка снега устройством [16]. Но возникает вопрос – что такое крутая крыша? С точки зрения техники безопасности крутой считается крыша с уклоном более 12° [17, 18], и для обеспечения безопасности работ на высоте должны применяться анкерные устройства, привязи и т.д. [19]. Примерно был определен уклон, при котором человек может ходить по крыше в нескользкой обуви без подтягивания за фал (привязь). При уклоне 15° ходить по крыше не страшно, при уклоне 25° операторы непроизвольно хватались за фал и чувствовали себя некомфортно, подняться на крышу с уклоном 35° , не держась за веревку, не получилось. Если уклон крыши менее 25° , то проще взять в руки лопату.

Завершающая часть испытаний была проведена на крыше с уклоном скатов 1:1 (45°), снег на ней лежал не менее месяца. Сначала – на ендове (уклон линии 35°). Установка двигалась медленно, 7 м преодолела за 2,5 мин, но столкнула весь верхний рыхлый слой. При последующих проходах установка движется заведомо быстрее, но не успевает рыхлить снег, поэтому ее приходилось придерживать и возвращать назад для того, чтобы сбрасыватели пробивались до материала кровли.

Далее полезная модель была испытана на скате со снегом толщиной около 15 см, длиной 8 м, его установка первый раз прошла за 25 с, столкнув верхний рыхлый слой снега (рис. 10). Второй раз – за 50 с, но оператор, держа веревку, периодически останавливал установку, подтаскивал назад и снова отпускал для лучшего рыхления плотного слоя (рис. 11). Двух проходов оказалось достаточно, чтобы увидеть материал кровли.

Рис. 9. На плотном снегу

Рис. 10. Первый проход

Рис. 11. Второй проход

Выводы. Устройство [16] можно успешно использовать для уборки снега с крыши. Устройство [16], по сравнению с аналогом [10] и прототипом [11], проще и дешевле в изготовлении. Опытным путем доказано, что плужковые сбрасыватели устройства должны быть толщиной около 10 мм, по высоте не превышать 100 мм.

Экспериментально установлено, что наиболее эффективно удаление снега происходит, когда вибрации от двигателя через сбрасыватели передаются материалу кровли. Проведенные испытания показали, что устройство целесообразно использовать на крышах с уклоном более 25°.

Библиографический список

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. Способ предотвращения образования наледей и сосулек на чердачных крышах: пат. 2467138 Рос. Федерация: Е04D 13/17 / Н.А. Седых, В.П. Занин, И.М. Руднев. – № 2011106529/03; заявл. 21.02.2011; опубл. 20.11.2012, Бюл. № 32.
3. Устройство удаления снега и льда со скатных крыш: п.м. 178 961 Рос. Федерация: МПК Е04D 13/076 / Е.В. Никитин. – № 2017112080; заявл. 10.04.2017; опубл. 24.04.2018, Бюл. № 12.
4. Установка для таяния снега: пат. 2339759 Рос. Федерация: МПК Е01Н 5/10 / А.И. Холинов, А.В. Харихин, В.К. Екимов. – № 2007105089/11; заявл. 12.02.2007; опубл. 27.11.2008, Бюл. № 33.
5. Способ удаления снега и льда с крыши: пат. 2457305 Рос. Федерация: МПК Е04D 13/076 / В.Г. Кулешов, Л.М. Трубицына. – № 2011111311/03; заявл. 25.03.2011; опубл. 27.07.2012, Бюл. № 21.
6. Устройство для удаления снега и льда с карнизного свеса крыши: пат. 2392398 Рос. Федерация: МПК Е04D 13/076 / Э.А. Ахадов, Г.Н. Бондаренко, С.А. Новиков, О.В. Саломатин, А.И. Си-

монович, 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.

7. 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.

8. 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. – 2018. – Вып. 10: по материалам X Всерос. молодеж. конф. аспирантов, молодых ученых и студентов «Современные технологии в строительстве. Теория и практика», ч. 1, июнь 2018 г. – С. 376–385.

9. 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.

10. Устройство для уборки снега с крыши здания: пат. 2451140 Рос. Федерация: МПК E04D 13/076 / Ю.Д. Тарасов. – № 2010142620/03; заявл. 18.10.2010; опубл. 20.05.2012, Бюл. № 14.

11. 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.

12. 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.

13. Блехман И.И. Теория вибрационных процессов и устройств. Вибрационная механика и вибрационная техника. – СПб.: Руда и металлы, 2013. – 640 с.

14. Блехман И.И. Вибрационная механика и вибрационная реология (теория и приложения). – М.: Физматлит, 2017. – 867 с.

15. Вибрации в технике: справочник: в 6 т. Т. 4. Вибрационные процессы и машины. – М.: Машиностроение, 1981. – 509 с.

16. Устройство для уборки снега с крыши: п.м. 182073 Рос. Федерация: МПК E04D 13/076 / В.А. Голубев, Л.В. Задорина, О.М. Зверев, В.А. Муратова, А.В. Перминов. – № 2018118264; заявл. 17.05.2018; опубл. 14.09.2018, Бюл. № 26.

17. Сенченко В.А., Карауш С.А., Каверзнева Т.Т. Меры безопасности при производстве работ на двускатных крышах // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2017. – Т. 8, № 2. – С. 5–14.

18. Об утверждении Правил по охране труда в строительстве: приказ Минтруда России от 1.06.2015 г. № 336н [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: <http://www.info-com.ru> (дата обращения: 14.10.2018).

19. Об утверждении Правил по охране труда при работе на высоте: приказ Минтруда России от 28.03.2014 г. № 155н [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: <http://www.infocom.ru> (дата обращения: 14.10.2018).

References

1. Zadorina L., Muratova V., Golubev V., Zverev O. Theoreticheskiy i eksperimentalny analiz 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. 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).

3. 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).

4. Kholinov A.I., Kharykhin A.V., Ekimov V.K. Ustanovka dlya tayaniya snega [Snow melting machine]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2339759 (2008).

5. 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).

6. 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).
7. Belyaev V.B. Ustroystvo dlya ustraneniya snega, naledi i sosulek [the Device for removing snow, ice and icicles]. 2570582 (2015).
8. 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.
9. 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).
10. 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. 2451140 (2012).
11. 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).
12. Golubev V.A., Zadorina L.V., Zverev O.M., Muratova V.A. Ustroystvo dlya udaleniya snega i naledi c naklonnoy krovli [Device for snow and glacier removal from sloped roofs.] Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 183248 (2017).
13. Blechman I.I. Teoriya vibratsionnykh processov i ustroystv. Vibratsionnaya mekhanika i vibratsionnaya tekhnika [Theory of vibration processes and devices. Vibrational mechanics and vibrational technology] – St.Pet. Publishing house “Ore and Metals”, 2013. – 640 p.
14. Blechman I.I. Vibratsionnaya mekhanika i vibratsionnaya rheologiya (teoriya i prilozheniya [Vibrational mechanics and vibrational rheology (theory and applications).] – M., Physmathlit, 2017. – 867 h.
15. Vibratsii v tekhnike [Vibrations in technics.]: Handbook: V. 4 Vibratsionnye processy i mifshyny – M. Engineering, 1981. – 509 p.
16. Golubev V.A., Zadorina L.V., Zverev O.M., Muratova V.A., Perminov A.V. Ustroystvo dlya uborki snega s kryshi [Device for snow removal from roofs.] Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 182073 (2018).
17. Senchenko V.A., Karaush S.A., Kaverzneva T.T. Mery bezopasnosti pri proizvodstve rabot na dvuskatnekh kryshach [Safety precautions for works on gable roofs]. *Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Construction and Architecture*. 2017. Vol. 8, no. 2. Pp. 5-14.
18. Prikaz Mintruda Rossii ot 01.06.2015 N 336n "Ob utverzhdenii Pravil po ohrane truda v stroitel'stve" [The order of Ministry of Labor of Russia of 01.06.2015 N 336 N "About approval of rules on labor protection in a construction"], available at: <http://www.infocom.su>. (accessed 14 October 2018).
19. Prikaz Mintruda Rossii ot 28.03.2014 N 155n «Ob utverzhdenii Pravil po ohrane truda pri rabote na vysote» [The order of Ministry of Labor of Russia of 28.03.2014 N 155 N "About ap-proval of rules on labor protection during the work at height"], available at: <http://www.info-com.su> (accessed 14 October 2018).

Получено 25.12.2018

L. Zadorina, V. Muratova, O. Zverev

“VIBRATIONAL CARRIAGE” – A DEVICE FOR THE REMOVAL OF SNOW FROM ROOFS WITH A VIBRATION MOVER

One of the important issues associated with the safety of people's lives is the removal of snow from roofs. In the paper different methods of snow removal from pitched roofs are discussed. They are divided into passive and active methods. Known methods and devices that use mechanical effect

to remove snow from roofs are analyzed in detail. A utility model is presented, the mode of action of which is based on the simultaneous loosening, raking and shaking off snow. A description of the device and its comparison with the prototype and analogues, as well as the analysis of the advantages and disadvantages of them, are given. The accomplishment of this technical result is substantiated. A technology of snow removal from the roof using the developed device is described and the implementation of the classical laws of mechanics during its operation is explained. The device has been tested on model roofs with different slopes, as well as on real roofs and valleys; its movement speed has been determined. A conclusion about the expediency of using the device on steep roofs and in valleys is made. A definition of steep roof is given in terms of the convenience of manual snow removal.

Keywords: snow removal, pitched roof, vibration, vibrational carriage.

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

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

Зверев Олег Михайлович (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Общая физика», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. 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., Assistant Professor, Department of General Physics, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: ckko-smt2@pstu.ru).