



DOI: 10.15593/2224-9826/2019.3.09

УДК 692.4, 534.1

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИБРАЦИЙ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ СНЕГА С НАКЛОННОЙ КРОВЛИ

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

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

О СТАТЬЕ

Получена: 20 апреля 2019
Принята: 28 июня 2019
Опубликована: 7 октября 2019

Ключевые слова:

скатная крыша, удаление снега, уборка снега, вибрации, снего-тряс.

АННОТАЦИЯ

Своевременное удаление снега с крыши обеспечивает отсутствие наледей и сосулек, что способствует сохранности кровельного материала и гарантирует безопасность жизни людей. Рассмотрены различные механические способы уборки снега со скатных крыш. Проанализированы различные устройства и агрегаты для сброса снега с помощью вибраций. Представлена полезная модель «Устройство для удаления снега и наледи с наклонной кровли». Устройство содержит электродвигатель, трансмиссию в виде вращающегося вала с эксцентриком, размещенного в корпусе на подшипниках. К корпусу прикреплена как минимум одна подошва в виде пластины для крепления корпуса к обрешетке или стропилу. Питание электродвигателя осуществляется от аккумулятора или зарядного устройства.

Испытания устройства, проведенные сначала на модельных, а потом – на реальной крыше, показали, что вибрации можно успешно использовать для уборки снега со скатных крыш. Наиболее быстро удаление снега происходит с крыш с металлокровлей, причем с крашеного профлиста быстрее, чем с оцинкованного. С шероховатых кровель (шифер, ондулин) снег сходит медленнее, причем с одулина быстрее, что обусловлено меньшей массой квадратного метра кровельного материала и большей амплитудой его вибраций. Установлено, что наиболее эффективно крепить устройство осью вращения параллельно стропилам и к той доске обрешетки, к которой прибит кровельный материал. Полезная модель «Устройство для удаления снега и наледи с наклонной кровли» зарекомендовала себя надежной в работе, простой в изготовлении, мобильной и эффективной. Устройство позволяет осуществлять уборку снега без выхода человека на крышу.

© ПНИПУ

© **Задорина Лидия Вадимовна** – студентка, e-mail: lida14071998@mail.ru.
Муратова Виктория Андреевна – студентка, e-mail: mva-98-vika@mail.ru.
Зверев Олег Михайлович – кандидат технических наук, доцент, e-mail: ckko-sm2@pstu.ru.

Lidiia V. Zadorina – Student, e-mail: lida14071998@mail.ru.
Viktoriia A. Muratova – Student, e-mail: mva-98-vika@mail.ru.
Oleg M. Zverev – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: ckko-sm2@pstu.ru.

ABOUT THE POSSIBILITY OF USING VIBRATIONS TO REMOVE SNOW FROM A SLOPING ROOF

L.V. Zadorina, V.A. Muratova, O.M. Zverev

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 20 April 2019
Accepted: 28 June 2019
Published: 7 October 2019

Keywords:

pitched roof, snow removal, snow removal, vibration, snowdrift.

ABSTRACT

Timely removal of snow from the roof ensures the absence of ice and icicles, which contributes to the safety of roofing material and guarantees the safety of people's lives. Various mechanical methods of snow removal from pitched roofs are considered. Various devices and units for snow dumping by means of vibrations are analyzed. A useful model "device for removing snow and ice from an inclined roof" is presented. The device contains an electric motor, a transmission in the form of a rotating shaft with an eccentric placed in the housing on bearings. At least one sole is attached to the body in the form of a plate for fastening the body to the crate or rafters. The motor is powered by a battery or charger.

Tests of the device, carried out first on model, and then real roofs, showed that vibrations can be successfully used for snow removal from pitched roofs. The most rapid removal of snow occurs from the roofs with metal, and with painted profiled faster than galvanized. Rough roofs (slate, Ondulin) snow melts more slowly, and with oculina faster due to the smaller mass per square meter of roofing material and more amplitude of its vibration. It is established that it is most effective to fix the device with the axis of rotation parallel to the rafters and to the Board of the crate to which the roofing material is sewn. Useful model "device for removing snow and ice from a sloping roof" has proven to be reliable in operation, easy to manufacture, mobile and efficient. The device allows you to clean the snow without leaving the person on the roof.

© PNRPU

Введение

Наступление зимы означает не только красивую заснеженную природу и чистый морозный воздух, но и начало борьбы со снегом на крышах домов. Чистка крыш от снега – серьезное занятие, которое не стоит откладывать, поскольку это может привести к нежелательным последствиям, таким как деформация кровельного материала и его разрушение. Если же снега много, а стропильная система недостаточно укреплена, произойдет обвал крыши. При потеплении снег может оттаять и превратиться в лед, куски которого при падении могут нанести существенный вред декоративным элементам фасада или прилегающей к дому территории. Нельзя забывать и об угрозе жизни и здоровью людей.

1. Обзор существующих технологий

Различные подходы, способы и устройства для уборки снега с крыш подробно изложены нами в работах [1, 2], там же представлены результаты испытаний некоторых способов, в основном тепловых. Из механических способов мы попробовали только компрессор (уборка сжатым воздухом) и лопату. Пришли к выводу, что быстрее и дешевле традиционной уборки мы не нашли.

Однако в последнее время изобретатели все больше внимания обращают на возможность уборки снега с помощью вибраций. Действительно, если процесс стряхивания будет занимать несколько минут и для его осуществления не надо выходить на крышу (рисковать жизнью), то это можно делать хоть каждый день, не дожидаясь, когда снег накопится, слежится и образуются наледь. Конечно, это относится только к скатным крышам – с плоской снег не скатится.

Хотя не факт: если посмотреть работы И.И. Блехмана [3, 4], то можно сделать вывод что и с плоской крыши можно удалить снег с помощью вибраций – смотря как трясти.

Все устройства условно можно разделить на накладные, встроенные и пристроенные. Накладные устройства предлагается размещать поверх кровельного материала и тем или иным способом заставляя их совершать возвратно-поступательные движения (вибрировать), за счет которых и будет происходить удаление снега. «Встроенные» и «пристроенные» должны заставить вибрировать какой-то элемент кровли, поэтому встраиваются в него или крепятся к нему.

Накладные чаще всего представляют покров в виде чехлов или сетки, облегающей поверхность крыши 1, горизонтальные элементы 2 которой предназначены для перемещения снега, а перпендикулярные коньку тяговые элементы 3 обеспечивают возвратно-поступательное движение [5] (рис. 1). Тяговые элементы присоединены к движителю для возвратно-поступательных движений в виде, например, соленоидов 4. В дальнейшем автор только совершенствует свой «агрегат для уборки наледи и снега», предлагая, например, соленоиды заменить на импульсный механизм, состоящий из магнитопровода, электрообмотки и т.д. и воздействующий на пары магнитных якорей [6], и снова возвращается к соленоидам в полезной модели «Устройство для уборки снега с кровли» [7] (рис. 2). В агрегате для очистки кровли [8] автор заменяет соленоиды на вибратор (двигатель с эксцентриками), который и приводит в движение всю покрывающую систему.

Не будем обсуждать возможность создания и работоспособность таких агрегатов и устройств, а спросим: автор хотел бы видеть на своей крыше эти «покровы», сетки и т.д.?

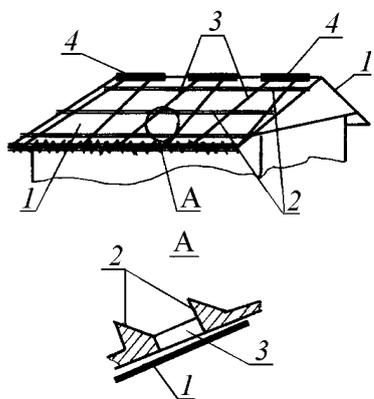


Рис. 1. Снегоуборщик
Fig. 1. Snow blower

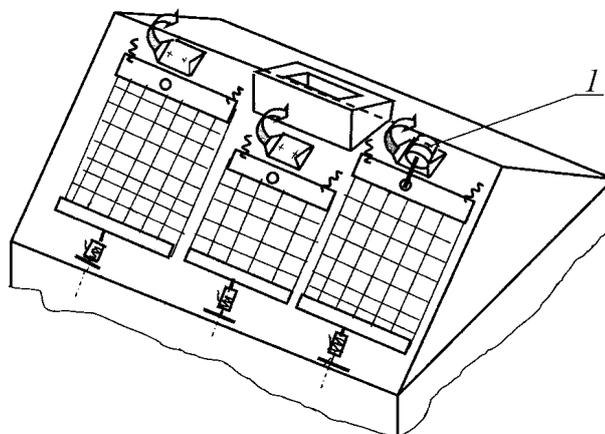


Рис. 2. Устройство для уборки снега с кровли
Fig. 2. A device for cleaning snow from the roof

Классически «встроенным» является агрегат для уборки наледи и снега [9] (рис. 3). На стропилах размещена рядовая обрешетка 1, между рейками которой в отверстиях кровельного листа 2 в ряд установлены электромеханические вибраторы 3. Они должны распространять по листу 2 направленные знакопеременные механические колебания, которые приведут к отрыву снежной массы и наледи от кровли. По нашему мнению, все реально, но зачем делать отверстия в кровле, а потом закрывать их выпуклой верхней крышкой 4 с прокладками 5? И верхняя крышка 4 с кровельным листом 2, и нижняя металлическая пластина 6 закреплены болтами 7 на рейках обрешетки. Проще было бы вибратор прикрепить к рейкам обрешетки.

«Пристроенным» можно назвать устройство для сброса снега с кровли [10] (рис. 4). Установленные на рейке 1 рабочие органы в виде пьезоэлементов 2 подводятся к внутренней поверхности кровли 3 и прикрепляются к ней с помощью электромагнитов 4, пьезоэлементы прижимаются к кровле пружинами 5. Частотный генератор 6 через провода 7 заставляет колебаться пьезоэлементы 2 и участок кровли над ними. Автор считает, что произойдет «псевдооживление» снега и он «стечет» с крыши. Действительно, если ускорение колебаний будет больше ускорения свободного падения ($A\omega^2 > g$), частицы сыпучей среды будут двигаться с отрывом, «псевдооживление» или «виброоживление» возможно [11]. Если предположить, что частота колебаний $\nu = 50$ Гц (бытовая электросеть), т.е. циклическая частота $\omega = 2\pi \cdot \nu = 314 \text{ с}^{-1}$, то амплитуда колебаний кровельного листа должна быть больше всего лишь $A > \frac{g}{\omega^2} = \frac{9,81}{314^2} \approx 10^{-4} = 0,1 \text{ мм}$. Но, к сожалению, снег не песок или цемент, и для него нельзя использовать правила расчета вибрационных конвейеров [12]. Главная проблема – наледь, которая образуется на поверхности кровельного материала, и эта наледь очень шероховатая из-за вмороженных в нее снежинок, форма которых может быть от пластинок и шестилучевых звезд (дендритов) до пространственных дендритов размером в несколько сантиметров [13]. Кстати, на крышах без теплоизоляции, такой как на рис. 4, наледь появится с большей вероятностью, чем на теплоизолированных, на которых устройство [10] использовать не получится.

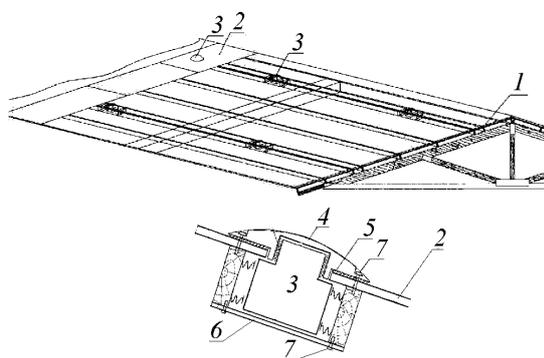


Рис. 3. Агрегат для уборки наледи и снега
 Fig. 3. The unit for cleaning ice and snow

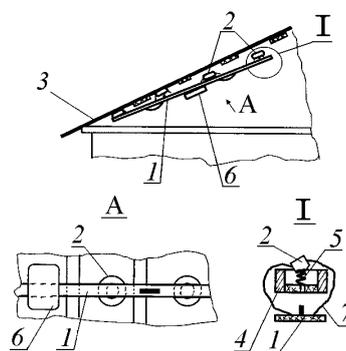


Рис. 4. Устройство для сброса снега с кровли
 Fig. 4. Device for dumping snow from the roof

Проблему с наледью авторы устройства для удаления снега и наледи [14] предлагают решить радикально. Электродвигатель крутит вал, установленный под кровлей, к которому прикреплены «рабочие органы» (двуплечие рычаги или палки на ремнях). Рабочие органы, стуча по кровле (авторы пишут «соприкасаясь с кровлей»), должны взломать наледь и заставить осколки сползти вниз. Если кровля шиферная, то вниз полетят и осколки кровли. Если кровля металлическая, то ее можно деформировать или как минимум содрать антикоррозионное покрытие.

Но идея нам понравилась – можно стучать не по кровельному материалу, а по доске (рейке) обрешетки. Мы взяли молоток и постучали. На модели крыши с уклоном 1:2,5 (22°) с железной кровлей лежал снег, состоящий из двух слоев – нижнего двухнедельного слежавшегося (7–8 см) и верхнего рыхлого суточного (4–5 см). После 18 ударов в верхнем

слое появились едва заметные трещинки и все. А вот на ондулине с уклоном 1:1 (45°) у нас получилось, 17 ударов хватило для полной очистки кровли (рис. 5). Правда, одна из авторов так была по доскам, что обрешетка не отошла от стропил только потому, что была пришта саморезами. Изобретение [14] мы взяли в качестве прототипа.

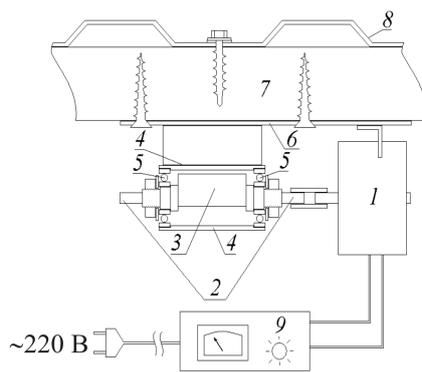
2. Полезная модель

Нашей целью являлось создание мобильного, достаточно простого и надежного в работе устройства для удаления снега и наледи с наклонной кровли (рис. 5). Мы полностью исключили ударное воздействие на кровлю и, как следствие, ее повреждение. Расширили технологические возможности уборки снега с крыш из различных материалов и повысили мобильность возможностью быстрой, с минимальными трудозатратами перестановки устройства с одного участка на другой, с одной крыши на другую. Использование электродвигателя с рабочим напряжением 12 В гарантирует полную электробезопасность и обеспечивает высокую мобильность (источником питания может служить а/м аккумулятор). Для повышения эффективности мы решили использовать явление резонанса, поэтому электродвигатель для изменения частоты оборотов питается от источника с изменяющимся напряжением (например, зарядное устройство).



Рис. 5. Через 10 с после начала стука (полная очистка через 15 с)

Fig. 5. 10 seconds after the start of knocking (full cleaning after 15 seconds)



а



б

Рис. 6. Устройство для удаления снега и наледи с наклонной кровли [15]: а – фигура из патента; б – фото реального устройства

Fig. 6. A device for removing snow and ice from a sloping roof [15]: а – figure from the patent; б – photo of the real device

На рис. 6 представлен общий вид «устройства для удаления снега и наледи с наклонной кровли» [15]. Устройство содержит электропривод 1, вал 2 с эксцентриком 3, который является рабочим органом. Вал 2 расположен в корпусе 4 на подшипниках 5. К корпусу 4 приварена подошва 6 в виде пластины с отверстиями для крепления корпуса 4 к обрешетке 7 или стропилу кровли 8. Питание электродвигателя 1 производится от источника 9 с изменяющимся напряжением. По сути, наше устройство – это вибратор с подошвой для крепления. С помощью саморезов или струбцины подошву 6 закрепляем к доске обрешетки 7, лучше к той, к которой пришта кровля. Далее в нашем патенте предлагается, плавно меняя напряжение, увеличивать обороты двигателя 1 и вала 2 с эксцентриком 3 до наступле-

ния резонанса – резкого возрастания амплитуды колебаний. Увеличение амплитуды можно определить визуально – увидеть, тактильно – рукой ощущается заметное увеличение вибрации доски, и просто услышать – резко увеличивается интенсивность звука. Продольные вибрации содействуют сползанию снега, а поперечные – разрушению связи между снегом и кровлей. После очистки участка кровли устройство переустанавливается и закрепляется на другом участке или переносится под другую крышу.

3. Испытания

Первая мысль, которая придет в голову любому критику нашей полезной модели: «если крышу потрясти – она развалится». Не развалится. В этом мы были уверены потому, что амплитуды колебаний реальной крыши заведомо меньше, чем модельной. Но в том, как поведет себя базальтовый утеплитель (изовер, эковер), мы не были уверены. Диффузионные мембраны, на которые укладывается утеплитель, достаточно скользкие (даже шероховатый слой изоспана В), и утеплитель может «сползти» при вибрациях. Поэтому, прежде чем трясти реальную крышу с утеплителем, мы «утеплили» одну из модельных крыш размером 1×1,5 м [1], уложив слой изовера толщиной 50 мм и плотностью 50 кг/м³ на изоспан В (рис. 7). Снизу изоспан и изовер удерживались рейками 25×40 мм с шагом около 0,37 м, вместо средней рейки была доска 25×100 мм для крепления вибратора (рис. 6, б). Причем изовер был вырезан на 5 мм шире, чем расстояние между стропилами, чтобы сидел «внатяг», без щелей. Оставшиеся обрезки просто положили сверху (рис. 7).

Кроме того, мы решили проверить, не будут ли выкручиваться саморезы, крепящие кровельный материал. Все болты и гайки в вибрирующих устройствах закручиваются как минимум через шайбу Гровера [16]. Предварительно в головках трех средних саморезов (см. рис. 7) были сделаны канавки для крепления стрелки, саморезы были закручены шурупвертом на максимальной затяжке на новое место (снизу видно отверстие от старого) и к ним приклеены стрелки, начальное положение которых поместили маркером (рис. 8). Испытуемую модель крыши установили под углом 45°.

Первоначально включили вибратор с эксцентриком на 5 мин. Движения утеплителя не заметили, даже не закрепленного. Стрелки на саморезах не шелохнулись. При выключенном вибраторе рожковым ключом выкрутили саморезы на один оборот, включили на 5 мин. Выкрутили саморезы на второй оборот и включили вибратор на ≈8 ч, практически до полной разрядки аккумулятора. В результате, частота вращения вала плавно уменьшалась от 50 до, примерно 1 об/с. На следующий день испытания повторили, но на 6 ч.



Рис. 7. Модель «утепленной» крыши
Fig. 7. Model of the “warmed” roof



Рис. 8. Саморез со стрелкой
Fig. 8. The self-tapping screw with an arrow

Эксперимент показал, что 14 ч вибраций не привели к сползанию утеплителя, даже не закрепленного, стрелки саморезов не двинулись. Саморезы мы выкрутили на два оборота, чтобы уменьшить деформацию резиновой шайбы и силу трения между саморезом и кровельным материалом – на реальных крышах резина со временем «старееет» и выкрашивается.

Второй эксперимент мы провели, поменяв вал с эксцентриком на вал с грузом-дебалансом массой 0,20 кг, вращающимся на валу по траектории радиусом 20 мм. Сразу же после включения вибратора незакрепленные куски изовера двинулись вниз, и мы их просто убрали. Воздействие на крышу более сильным вибратором продолжалось около 7,5 ч. Оставшийся слой изовера не двинулся, саморезы не выкрутились. Вывод: нашим устройством крышу трясти можно.

Испытания по удалению снега проводились на различных крышах (в основном на моделях крыш [1]) с различным кровельным материалом в течение двух зим.

Уже в первую зиму мы убедились в том, что подошву вибратора лучше крепить к той доске обрешетки, к которой пришта кровля. А вот положение оси вращения вибратора вдоль обрешетки, как изображено на фигуре патента (рис. 6, а), видимо, менее эффективно, чем положение оси вращения перпендикулярно обрешетке (вдоль стропил). Это мы заметили на моделях крыш. И действительно, вращающийся груз-дебаланс вызывает колебания, перпендикулярные оси вращения. Колебания, перпендикулярные кровельному материалу, вызывают отрыв снега от него, колебания вдоль кровли способствуют сползанию снега. Раскачать крышу вдоль стропил заведомо труднее, чем перпендикулярно. В большей части экспериментов вибратор крепился так, чтобы его ось была вдоль стропильной ноги (см. рис. 6, б).

Несколько серий экспериментов были проведены с целью определения адгезионных характеристик различных кровельных материалов и снега – кровлю из какого материала есть смысл трясти, а из какого бесполезно. Самые шероховатые – шифер и ондулин, причем на ондулиновой кровле снег накапливается лучше, чем на шиферной [1]. Но удалить снег с помощью вибраций с ондулина всегда получалось быстрее, чем с шифера. Наверное, это связано с тем, что ондулин заведомо легче шифера. На рис. 9–11 приведены кадры видеозаписи эксперимента, проведенного 8.02.2019 на моделях крыш, которые были установлены в начале декабря 2018 г. Для удаления снега с листа шифера понадобилось более двух минут. На рис. 9 видно, что кусок снега в левом верхнем углу не сдвинулся с места и через 1,5 мин вибраций. Очистка оцинкованного профлиста заняла около 30 с (см. рис. 10). С плоской оцинковки снег всегда сходил примерно с той же скоростью, и обнаружить зависимость скорости схода от формы кровельного материала нам не удалось. Удаление снега с крашеного профлиста произошло за 1–1,5 с. Причем если при вибрационном воздействии на шифер, ондулин, поликарбонат, оцинковку и ржавое железо снежный покров сначала разрушался, а потом сползали отдельные куски снега (см. рис. 9, 10), то с крашеного профлиста снег сошел единым куском.

Стропильные ноги модельных крыш были изготовлены из доски 40×130 мм длиной 1,5 м, на них 5 досок обрешетки 25×100 мм – конструкция легкая. Стропила реальной крыши, на которой мы испытывали нашу полезную модель [15], изготовлены из доски 50×200 мм, плюс контробрешетка 50×50 мм, плюс обрешетка 25×150 мм с шагом «через доску», плюс профлист, между стропилами 100 мм базальтового утеплителя – конструкция тяжелая. Кроме того, длина ската около 8 м, поэтому стропильная плаха состыкована на стойке 100×100 мм и усилена ригелем 50×200 мм. Поскольку крыша утеплена, вибратор

пришлось крепить не к обрешетке, а к стропилу посередине между стойкой и ригелем (рис. 12). Реальную крышу трясти труднее. Оказалось, что сильнее всего на исход эксперимента влияют погодные условия, при которых выпал первый снег. Зимой 2017/2018 гг. первый снег выпал при температуре $-8...-10$ °С и к кровле не прилип. Стряхнуть такой снег оказалось легко (рис. 13), причем на фото видно, что сошла полоса снега шириной в два межстропильных пролета. Зимой 2018/2019 гг. первый снег выпал при минусовой температуре, но близкой к нулю – появилась небольшая наледь. На рис. 14 видно, что снег с помощью вибраций удалось удалить с участка примерно 1×1 м над вибратором, и все. Дальше можно трясти часами – результат останется прежним.



Рис. 9. Шифер (уклон 20°)
через 1,5 мин после
включения вибратора
Fig. 9. Slate (slope 20°)
1.5 minutes after turning
on the vibrator



Рис. 10. Оцинкованный
профлист (уклон 20°) через 20 с
после включения вибратора
Fig. 10. Galvanized profiled
sheet (20° slope) 20 s after
turning on the vibrator



Рис. 11. Крашенный профлист
(уклон 20°) через 1 с после
включения вибратора
Fig. 11. Colored professional
sheet (slope 20°) 1 s after
turning on the vibrator



Рис. 12. Установка вибратора
Fig. 12. Installing the vibrator



Рис. 13. Крыша без наледи
после 5 с вибраций
Fig. 13. Roof without ice after
5 s of vibration



Рис. 14. Крыша с наледью
через 30 с вибраций
Fig. 14. Roof with ice after
30 s of vibration

Выводы

Главный вывод: вибрации можно успешно использовать для удаления снега со скатных крыш.

Поперечные колебания материала кровли способствуют отрыву снежного покрова, продольные – его сходу со ската.

Устройство для возбуждения вибраций кровли должно быть надежным в работе, простым в изготовлении, мобильным и эффективным [15], не требующим выхода человека на крышу.

Наиболее эффективно использовать устройство для удаления снега и наледи с наклонной кровли [15] на крышах с металлокровлей.

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. Задорина Л.В., Муратова В.А., Зверев О.М. Анализ способов и устройств для удаления снега со скатных крыш // Строительство и архитектура. Опыт и современные технологии: по материалам X Всерос. молодеж. конф. аспирантов, молодых ученых и студентов «Современные технологии в строительстве. Теория и практика» (Ч. 1, июнь 2018 г.). – Пермь, 2018. – Вып. 10. – С. 376–385.
3. Блехман И.И. Вибрационная механика и вибрационная реология (теория и приложения). – М.: Физматлит, 2017. – 867 с.
4. Блехман И.И. Теория вибрационных процессов и устройств. Вибрационная механика и вибрационная техника. – СПб.: Руда и Металлы, 2013. – 640 с.
5. Снегоуборщик: пат. Рос. Федерация / Ю.А. Пак. – № 2496955; заявл. 02.12.2011; опубл. 27.10.2013. – Бюл. № 30.
6. Агрегат для уборки наледи и снега: пат. Рос. Федерация / Ю.А. Пак. – № 2499108; заявл. 07.02.2012; опубл. 20.11.2013. – Бюл. № 32.
7. Устройство для уборки снега с кровли: пат. Рос. Федерация / Ю.А. Пак. – № 156032; заявл. 07.11.2014; опубл. 27.10.2015. – Бюл. № 30.
8. Агрегат для очистки кровли: пат. Рос. Федерация / Ю.А. Пак. – № 2528638; заявл. 10.04.2013; опубл. 20.09.2014. – Бюл. № 26.
9. Агрегат для уборки наледи и снега: пат. Рос. Федерация / С.А. Сычев, А.А. Царенко. – № 179732; заявл. 11.12.2017; опубл. 23.05.2018. – Бюл. № 15.
10. Устройство для сброса снега с кровли: пат. Рос. Федерация / Ю.А. Пак. – № 156031; заявл. 21.11.2014; опубл. 27.10.2015. – Бюл. № 30
11. Вибрации в технике: справ.: в 6 т. Т. 4. Вибрационные процессы и машины. – М.: Машиностроение, 1981. – 509 с.
12. Вибрационные машины в строительстве и производстве строительных материалов: справочник / под ред. В.А. Баумана, И.И. Быховского, Б.Г. Гольштейна. – М.: Машиностроение, 1970. – 546 с.
13. Снег: справ. / под ред. Д.М. Грея, Д.Х. Мэйла. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 751 с.
14. Устройство для удаления снега и наледи: пат. Рос. Федерация / С.Х. Бегишев, А.В. Кислов, Л.В. Петрусёв. – № 2502854; заявл. 10.04.2012; опубл. 27.12.2013. – Бюл. № 36.

15. Устройство для удаления снега и наледи с наклонной кровли: пат. Рос. Федерация / В.А. Голубев, Л.В. Задорина, О.М. Зверев, В.А. Муратова. – № 183248; заявл. 07.12.2017; опубл. 14.09.2018. – Бюл. № 26.

16. Вибрации в технике: справочник: в 6 т. Т. 6. Защита от вибрации и ударов / под ред. К.В. Фролова. – М.: Машиностроение, 1981. – 456 с.

References

1. Zadorina L., Muratova V., Golubev V., Zverev O. Theoreticheskiy i eksperimentalnyy 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, pp. 376-385.

3. Blechman I.I. Vibracionnaya mekhanika i vibracionnaya rheologiya (teoriya i prilozheniya) [Vibrational mechanics and vibrational rheology (theory and applications)]. Moscow, Physmathlit, 2017, 867 p.

4. Blechman I.I. Teoriya vibracionnykh processov i ustroystv. Vibracionnaya mekhanika i vibracionnaya tekhnika [Theory of vibration processes and devices. Vibrational mechanics and vibrational technology]. Saint Petersburg, Publishing house "Ore and Metals", 2013, 640 p.

5. Pack Yu.A. Snegouborshchik [Snowplow] Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2496955 (2013).

6. Pack Yu.A. Agregat dlya uborki naledi i snega [The unit for cleaning ice and snow]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2499108 (2013).

7. Pack Yu.A. Ustroystvo dlya uborki snega s krovli [Device for cleaning snow from the roof]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 156032 (2014).

8. Pack Yu.A. Agregat dlya ochistki krovli [Roof cleaning unit]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2528638 (2014).

9. Sychev S.A., Tsarenko A.A. Agregat dlya uborki naledi i snega [The unit for cleaning ice and snow]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 179732 (2018).

10. Pack Yu.A. Ustroystvo dlya sbrosa snega s krovli [The device to clear the snow from the roof]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 156031 (2014).

11. Vibratsii v tekhnike [Vibrations in technics.]: Handbook. Vol. 4. Vibracionnaye processy i mashiny [Vibration processes and machines]. Moscow, Mashinostroenie, 1981, 509 p.

12. Vibratsionnye mashiny v stroitel'stve i proizvodstve stroitel'nykh materialov: Spravochnik [Vibration machines in construction and production of building materials]. Eds. Bauman V.A., Bykhovskiy I.I., Gol'shteyn B.G. Moscow, Mashinostroenie, 1970, 546 p.

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

14. Begishev S.H., Kislov A.V., Petrushev L.V. Ustroystvo dlya udaleniya snega i naledi [Device for removing snow and ice]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2502854 (2013).

15. 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).

16. Vibratsii v tekhnike [Vibrations in technics.]: Handbook. Vol. 6 Zashchita ot vibratsii i udarov [Vibration and shock protection]. Moscow, Mashinostroenie, 1981, 456 p.