

Construction of Unique Buildings and Structures



journal homepage: www.unistroy.spb.ru



Нестационарный продух как способ предотвращения наледи на кровле

А.Д. Сулова¹, А.Д. Сивохин²

ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29.

Информация о статье

УДК 692.415

Научная статья

История

Подана в редакцию 8 мая 2014

Оформлена 26 мая 2014

Согласована 27 мая 2014

Ключевые слова

наледь;
продух;
холодный чердак;
крыша;
сосульки;
таяние снега;

АННОТАЦИЯ

Образование наледи и сосулек на кровлях является серьезной проблемой, поскольку их падение подвергает опасности находящихся под карнизами крыш людей и имущество. В статье рассматривается способ предотвращения образования льда на крыше через создание так называемого “холодного чердака”. Метод заключается в предотвращении попадания тепла от жилых помещений непосредственно на кровлю. Для более полной изоляции кровли от воздействия теплого воздуха предлагается устройство нестационарного продуха. Это продух, площадь сечения которого меняется в зависимости от скорости ветра и позволяет проникнуть на чердак большому количеству холодного воздуха. Подобная конструкция охлаждает кровлю и вместе с тем позволяет избежать шумового эффекта стационарного продуха. Эффективность рассмотренных конструкций обосновывается расчетами теплового баланса чердака и продуха.

Содержание

1. Введение	55
2. Обзор литературы	55
3. Постановка целей и задач работы	55
4. Описание исследования	55
5. Выводы	60

1

Контактный автор:

+7 (909) 591 2150, the_october_country@mail.ru (Сулова Анна Дмитриевна, студент)

2

+7 (904) 331 7990, a1sivokhin@gmail.com (Сивохин Александр Дмитриевич, студент)

1. Введение

Образование льда на крышах домов Санкт-Петербурга является весьма актуальной проблемой в наши дни. Ежегодно мероприятия по очищению крыш ото льда требуют значительных средств из городского бюджета, но не всегда эффективны и своевременны. Зачастую кровли начинают очищать от наледи уже после падения сосулек и травмирования людей. В данной статье предлагается способ предотвращения образования льда на крыше через создание так называемого “холодного чердака” т.е. приближение температуры чердака, в частности, подкровельной его части, к уличной. В холодное время года снег, покрывающий крышу, будет таять, если температура чердака будет превышать более чем на три градуса температуру воздуха на улице [1]. В рамках суточного колебания температуры, тающий снег будет превращаться в лёд. Устройство конструкций, которые будут выхолаживать чердак, поможет решить эту проблему. Охлаждение чердачного помещения производится устройством нестационарного продуха в верхней части чердака.

2. Обзор литературы

Образование наледи на кровле - проблема, решением которой занимались многие авторы, не только в России [1-8], но и за рубежом [9-18]. Было предложено большое количество различных способов ее устранения с использованием целого спектра методов. Мероприятия по предотвращению ледообразования у различных авторов кардинально различаются, к примеру, предлагались: реновации чердачных помещений [8], использование пенобетона для утепления перекрытий [6], применение кабельных систем обогрева для изменения тепло-влажностного режима помещения [4, 7], использование легких стальных тонкостенных конструкций [3]. Большинство этих способов требуют начальных затрат на установку оборудования, а также, в дальнейшем, расходов на эксплуатацию и ремонт. Одним из самых простых и экономичных способов остановить формирование наледи на кровле является устройство холодного чердака [5, 10-12, 16-18]. Именно этот способ и рассматривается в данной статье.

3. Постановка целей и задач работы

Цель работы: разработать технологические мероприятия по предотвращению ледообразования на кровле путем устройства холодного чердака.

Для достижения цели поставим перед собой следующие задачи:

1. Произвести расчет теплового баланса чердака на примере конкретного чердачного помещения с известными параметрами;
2. На основе полученной зависимости рассчитать температуру внутри чердака при заданной температуре окружающей среды; определить диапазон температур окружающего воздуха, определяющий ледообразование;
3. Рассмотреть применение стационарного продуха как средства снижения теплопотерь на кровлю;
4. Выполнить расчет температуры внутри подкровельного продуха в зависимости от силы ветра и температуры окружающей среды;
5. Смоделировать нестационарный продух с целью увеличения воздухообмена в подкровельном пространстве.

4. Описание исследования

Для решения поставленных задач определим условия, способствующие таянию снега на кровле для конкретного здания. Параметры выбранного чердачного помещения взяты из нормативных документов для жилых зданий [19-25]: длина 20 м, высота 2 м, ширина 10 м. Перекрытие между чердаком и верхним этажом здания - бетонная плита толщиной 200 мм, стены также из бетона без утеплителя, толщиной 200 мм, кровельный пирог состоит из листового железа толщиной 5 мм на деревянных стропилах.

Температура в помещении во время исследования составила 6°C при температуре наружного воздуха равной 0°C.

Сопоставим экспериментальные данные и теоретические результаты при данной температуре окружающего воздуха для определения степени соответствия между ними.

Температура внутри чердака, которая является ключевым фактором для образования и таяния наледи на кровле зависит от: характеристик ограждающих конструкций, температуры окружающей среды и количества теплоты, поступающей на чердак из самого здания. Основными источниками теплопоступлений на чердак являются: жилые квартиры последнего этажа, дверные проемы соединяющие подъезд и чердак, плохо изолированные трубы горячего водоснабжения. Теплопередачей от последних двух пунктов мы можем пренебречь ввиду их незначительного вклада в общую сумму. Руководствуясь законом сохранения энергии запишем:

$$0 = Q_{\text{комнат}} - Q_{\text{стен}} - Q_{\text{крыши}} ; \quad (1)$$

где $Q_{\text{комнат}}$ -теплота, поступающая на чердак с верхнего этажа здания, $Q_{\text{стен}}$ и $Q_{\text{крыши}}$ - теплопотери через ограждающие конструкции.

Тепловой баланс помещения, а следовательно, и температуру в нем, можно рассчитать воспользовавшись законом Ньютона-Рихмана, характеризующим тепловой поток через вещество:

$$q = \alpha \cdot \Delta T; \quad (2)$$

где q - плотность теплового потока, α -коэффициент теплоотдачи, ΔT -разность температур.

Составим систему уравнений теплового потока, проходящего через ограждающую стену, чтобы найти зависимость температуры внутри помещения от наружной [26]:

$$\begin{cases} q = \alpha_h \cdot (T_h - T_0) \\ q = \frac{\lambda \cdot (T_0 - T_1)}{\delta} \\ q = \alpha_c \cdot (T_1 - T_c) \end{cases} ; \quad (3)$$

в которой α_h и α_c - коэффициенты теплоотдачи вещества и внутри и снаружи помещения, T_h -температура внутри, T_c -снаружи ,а T_0 и T_1 -температура соответственно на внутренней и внешней стороне стены , λ -коэффициент теплопроводности стены, δ -толщина ограждающей конструкции. Решив данную систему, получим выражение:

$$q = \frac{T_h - T_c}{\frac{1}{\alpha_h} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_c}} ; \quad (4)$$

Перейдем от плотности теплового потока к количеству теплоты в единицу времени:

$$Q = q \cdot A; \quad (5)$$

где A - площадь поверхности пропускающей тепло.

$$Q = \frac{T_h - T_c}{\frac{1}{\alpha_h} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_c}} \cdot A; \quad (6)$$

Аналогичные выражения можно составить для всех ограждающих конструкций чердака и получить зависимость температуры внутри помещения от температуры снаружи.

$$Q_{\text{стен}} = 2 \frac{T_{\text{чердака}} - T_c}{\frac{1}{\alpha_h} + \frac{\delta_{\text{стен}}}{\lambda_{\text{стен}}} + \frac{1}{\alpha_c}} \cdot l \cdot h; \quad (7)$$

$$Q_{\text{пола}} = \frac{T_{\text{квартиры}} - T_{\text{чердака}}}{\frac{1}{\alpha_h} + \frac{\delta_{\text{перекрытия}}}{\lambda_{\text{перекрытия}}} + \frac{1}{\alpha_c}} \cdot l \cdot a; \quad (8)$$

$$Q_{\text{кровли}} = \frac{T_{\text{чердака}} - T_c}{\frac{1}{\alpha_h} + \frac{\delta_{\text{кровли}}}{\lambda_{\text{кровли}}} + \frac{1}{\alpha_c}} \cdot l \cdot a. \quad (9)$$

где l, a, h - размерные характеристики помещения, равные соответственно 20 м, 10 м и 2 м, δ - толщина конструкции, λ -коэффициент ее теплопроводности.

Решим полученную систему уравнений, используя средние значения констант для каждого материала ограждающей конструкции помещения и известные размеры.

Примем для данных материалов средние значения: $\alpha_h = \alpha_c = 15 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$, $\delta_{\text{стен}} = \delta_{\text{перекрытия}} = 200 \text{ мм}$, $\lambda_{\text{стен}} = \lambda_{\text{перекрытия}} = 1,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, $\delta_{\text{кровли}} = 5 \text{ мм}$, $\lambda_{\text{кровли}} = 58 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, руководствуясь ГОСТ 30494-96 [16], будем считать $T_{\text{квартиры}} = 20^\circ\text{C}$. Подставим все константы и получим линейную зависимость $T_{\text{чердака}}$ от T_c :

$$T_{\text{чердака}} = \frac{36T_c + 4395}{51}; \quad (10)$$

Проверим соответствие реальным значениям, подставив температуру наружного воздуха, при которой проводились измерения: $T_c = 0^\circ\text{C}$, полученное значение: $T_{\text{чердака}} = 5,88^\circ\text{C}$, что с определенной степенью погрешности соответствует опытному значению $T_{\text{чердака}} = 6^\circ\text{C}$, а значит, можно принимать полученную зависимость отвечающей реальным условиям.

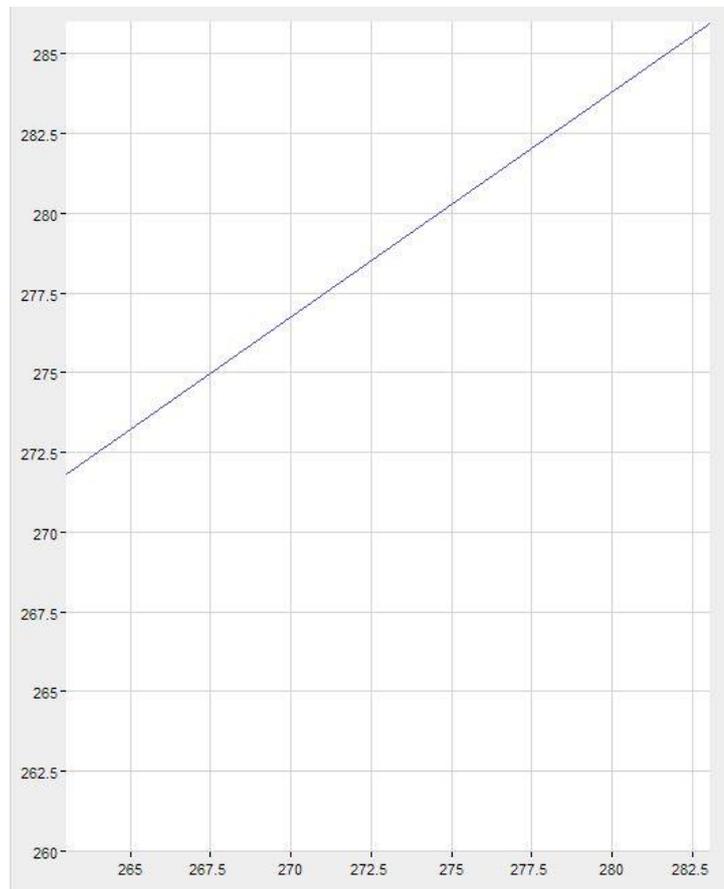


Рисунок 1. Зависимость температур внутри и снаружи

На рисунке 1 видно, что при температурах окружающего воздуха до -8°C разность температур внутри и снаружи чердака значительно больше 3°C достаточных для предотвращения ледообразования и температура кровли положительна.

Без применения дополнительных средств теплоизоляции такой перепад получить невозможно в силу того, что теплоступления велики [26]. Однако вспомним, что первоочередной задачей является предотвращение теплопередачи через кровлю. Отсюда следует, что необязательно поддерживать низкую температуру всего чердака – достаточно лишь, чтобы подкровельное пространство было холодным. Предлагается решить данный вопрос с помощью организации подкровельного продуха, то есть отделением верхней части чердачного помещения перекрытием из тонкой фанеры и созданием небольших отверстий для вентиляции (рисунок 2).

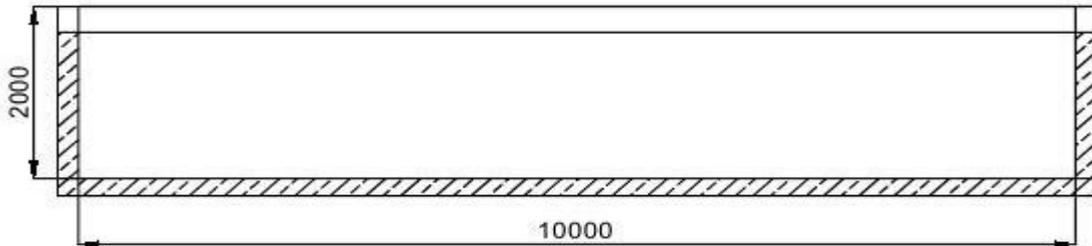


Рисунок 2. Устройство продуха

Температура в продухе зависит от температур внутри и снаружи чердака, а так же от скорости ветра в продухе. Возьмем его ширину $h = 30\text{см}$ и рассчитаем температуру в зависимости от силы ветра V . Уравнение теплового баланса для участка продуха имеет вид [27, 28]:

$$V \cdot \rho \cdot c_p \cdot h \cdot l \cdot (T'' - T') = Q; \quad (11)$$

где V зависит от $V_{\text{снаружи}}$ по закону Бернулли:

$$V_{\text{снаружи}} \cdot b^2 = V \cdot a \cdot h; \quad (12)$$

в котором b -ширина щели через которую поступает воздух, примем ее равной 150мм. Зная среднюю сезонную скорость ветра по Санкт-Петербургу равную $2,1 \text{ м/с}$ и используя полученную зависимость: $V = 0,003 \cdot V_{\text{снаружи}}$, при данной скорости ветра на улице получим:

$$V = 0,16 \text{ м/с}.$$

Составим уравнение массового расхода воздуха в продухе:

$$V \cdot \rho \cdot c_p \cdot h \cdot l \cdot \Delta T = \alpha_h \cdot (l \cdot a) \cdot (T_h - \bar{T}) - \alpha_c \cdot (2 \cdot h \cdot l + l \cdot a) \cdot (\bar{T} - T_c); \quad (13)$$

Где ΔT - перепад температур по длине продуха, \bar{T} - средняя температура, α_h и α_c -коэффициенты теплопередачи соответственно от теплого и холодного воздуха.

Рассмотрим отдельно случаи, в которых теплообмен происходил только с нагретой или только с холодными поверхностями, чтобы сделать вывод о величине и соотношении констант α_h и α_c .

Оставим только охлаждающую составляющую теплообмена:

$$V \cdot \rho \cdot c_p \cdot h \cdot l \cdot (T'' - T') = \alpha_c \cdot (2 \cdot h \cdot l + l \cdot a) \cdot (\bar{T} - T_c); \quad (14)$$

$$V \cdot \rho \cdot c_p \cdot h \cdot l \cdot (T'' - T') = \alpha_c \cdot (2 \cdot h \cdot l + l \cdot a) \cdot (\bar{T} - T_c); \quad (15)$$

Учитывая, что $\bar{T} = \frac{T'' + T'}{2}$ и в условиях данной задачи $T' = T_c$, получим:

$$V \cdot \rho \cdot c_p \cdot h \cdot (T'' - T') = \alpha_c \cdot (2 \cdot h + a) \cdot \left(\frac{T'' + T'}{2} - T' \right); \quad (16)$$

$$2 \cdot V \cdot \rho \cdot c_p \cdot h \cdot (T'' - T') = \alpha_c \cdot (2 \cdot h + a) \cdot (T'' - T'); \quad (17)$$

$$\alpha_c = \frac{2 \cdot V \cdot \rho \cdot c_p \cdot h}{2 \cdot h + a}; \quad (18)$$

Подставив значения констант в полученное выражение получим $\alpha_c = 10,78 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

Оставим только нагревающую составляющую теплообмена:

$$V \cdot \rho \cdot c_p \cdot h \cdot l \cdot (T'' - T') = \alpha_h \cdot (l \cdot a) \cdot (T_h - \bar{T}); \quad (19)$$

Используем то, что $\bar{T} = \frac{T'' + T'}{2}$ и

$$T'' = T_h \cdot V \cdot \rho \cdot c_p \cdot h \cdot l \cdot (T'' - T') = \alpha_h \cdot (l \cdot a) \cdot \left(T'' - \frac{T'' + T'}{2} \right); \quad (20)$$

$$\alpha_h = \frac{2 \cdot V \cdot \rho \cdot c_p \cdot h}{a}; \quad (21)$$

Подставив значения констант в полученное выражение, получим: $\alpha_h = 11,42 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

Вернемся к исходному выражению, используя зависимость $\alpha_c / \alpha_h = 0,94$:

$$V \cdot \rho \cdot c_p \cdot h \cdot l \cdot \Delta T = \alpha_h \cdot (l \cdot a) \cdot (T_h - \bar{T}) - \alpha_c \cdot (2 \cdot h \cdot l + l \cdot a) \cdot (\bar{T} - T_c); \quad (22)$$

При $\Delta T \rightarrow 0$, т.е. на бесконечно малом приращении температуры получим:

$$\alpha_h \cdot (l \cdot a) \cdot (T_h - \bar{T}) - \alpha_c \cdot (2 \cdot h \cdot l + l \cdot a) \cdot (\bar{T} - T_c) = 0; \quad (23)$$

$$\alpha_h \cdot a \cdot (T_h - \bar{T}) = \alpha_c \cdot (2 \cdot h + a) \cdot (\bar{T} - T_c); \quad (24)$$

$$T = \frac{\alpha_h \cdot a \cdot T_h + \alpha_c \cdot (2 \cdot h + a) \cdot T_c}{\alpha_h \cdot a + \alpha_c \cdot (2 \cdot h + a)}; = 0; \quad T = 2,99^\circ\text{C} \quad (25)$$

Рассмотрев полученное значение, можно сделать вывод о том, что устройство продуха помогает решить проблему ледообразования на кровле, но не полностью разрешает ее, поскольку перепад температур, близкий к 3°C все еще велик [2]. Для более полной изоляции кровли от воздействия теплого воздуха предлагается устройство нестационарного продуха; продуха, площадь сечения которого меняется в зависимости от скорости ветра и позволяет проникнуть на чердак большому количеству холодного воздуха, выхолаживающему подкровельное пространство. Также устройство такого продуха поможет избежать шума, который неизбежно вызовет стационарный продух при большой силе ветра. Отличие от обыкновенного продуха заключается в подвижности перегородки, сделанной не из плотного материала, такого как фанера, а из легкой и прочной ткани, к примеру, брезента (рисунок 3).

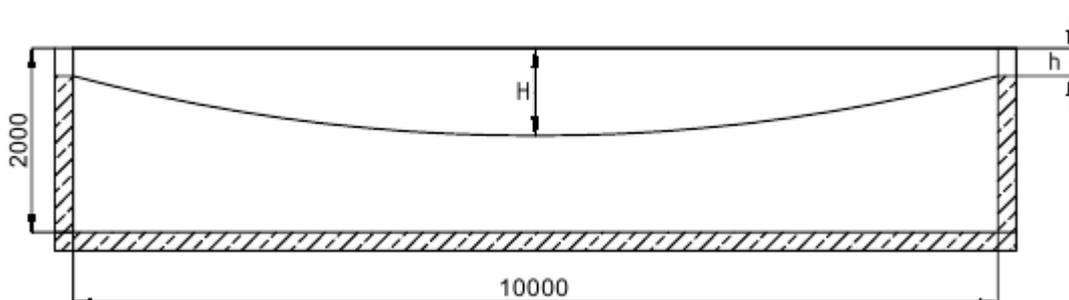


Рисунок 3. Устройство нестационарного продуха

Увеличив площадь сечения продуха внутри чердака, мы тем самым увеличили объем воздуха, который ветер может привнести извне. При попадании ветра в продух скорость ветра в начальный момент времени будет равняться скорости ветра в стационарном продухе, но благодаря пластичности мембраны

под воздействием давления ветра она растягивается, увеличивая площадь поперечного сечения, тем самым снижая скорость ветра. Холодный воздух с улицы будет оставаться внутри продува, выхолаживая подкровельное пространство, постепенно замещаясь постоянно поступающим воздухом с улицы.

5. Выводы

В настоящей работе для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

1. Произведен расчет теплового баланса чердака на примере конкретного чердачного помещения
2. На основе полученной зависимости рассчитана температура внутри чердака при температуре окружающей среды, равной 0°C; значение температуры: $T = 5,88^\circ\text{C}$; определено что при температуре окружающего воздуха больших -10°C , будет происходить ледообразование из-за таяния снега укрывающего кровлю;
3. Рассмотрено применение стационарного продува как средства снижения тепlopотуплений на кровлю;
4. Выполнен расчет температуры внутри подкровельного продува в зависимости от силы ветра и температуры окружающей среды; $T = 2,99^\circ\text{C}$;
5. Представлена конструкция нестационарного продува с целью увеличения воздухообмена в подкровельном пространстве.

Литература

1. Расчетный метод обоснования технологических мероприятия по предотвращению образования ледяных дамб на крышах зданий со скатной кровлей / Горшков А.С., Ватин Н.И., Урустимов А.И., Рымкевич П.П. // Инженерно-строительный журнал. 2012. Т. 29. №3. С. 69-73.
2. Акимов В.А., Дурнев Р.А., Соколов Ю.И. Опасные гидрометеорологические явления на территории России // Научно-популярное издание ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). Москва. 2009. С. 21-25.
3. Реконструкция крыш Санкт-Петербурга на основе легких стальных тонкостенных конструкций и антиобледенительной системы / Петров К.В., Золотарева Е.А., Володин В.В., Ватин Н.И., Жмарин Е.Н. // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 2. С. 59-64.
4. Палей А.А. Обустройство крыш без наледи и сосулек. Федеральное государственное учреждение «Государственный океанографический институт имени Н.Н.Зубова». [электронный ресурс] URL: <http://oceanography.ru/content/blogcategory/0/66/> (дата обращения: 01.02.2014).
5. Проблемы эксплуатации зданий с двускатными кровлями в зимний период / Моторин В.М., Прямых С.И., Бужков С.Н., Миргородский А.Н., Литвинюк А.В. // Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. 2013. № 641. С. 175-178.
6. Иванов А.Н., Трембицкий М.А. Пенобетон заданной средней плотности для утепления чердачных перекрытий // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 8. С. 19-24.
7. Методы борьбы с сосульками на крышах. Termoplaza.ru Кабельные системы обогрева [электронный ресурс] URL: <http://termoplaza.ru/index.php?x=roof2> (дата обращения 01.02.2014).
8. Немова Д.В. Реновация чердачных перекрытий как инженерно-техническое мероприятие по предотвращению образования наледей на крышах // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. № 3. С. 87-90.
9. Liersch K. W. Beluftete Dachkonstruktionen und Wandkonstruktionen . Dacher, Anwendungstechnische Grundlagen. — Wiesbaden: Bauverl, 1990. Pp. 158—162.
10. Pierce M. Causes and Cures of Attic Condensation And Roof Ice Damming Problems. Department of Design & Environmental Analysis Cornell University Ithaca, NY. Housing Fact Sheet, 2005. Pp. 11-17.
11. Robert W. Humbarger. Attic and cathedral ceiling ventilation and ice dam protection. Interface magazine (RCI institute), January 2009. Pp. 32—35.
12. Woods A. Attic Venting, Attic Moisture, and Ice Dams. Canada Mortgage and Housing Corporation. About Your House. Report CE-13, 2007. Pp 45-46.
13. Straube J. Ice Dams. Building Science Press. Building Science Digest 135, 2006. Pp. 23-28.

14. Welch B. Ice Dams: Causes, Prevention, and Solutions for Damaging Roof Ice Buildup. The Mother Earth News. January/February 1990. Pp. 23-26.
15. Makkonen L. A model of icicle growth // Journal of Glaciology. 1988. №116.. Pp. 64—70.
16. Gordon J. Attic Ventilation. Affordable Comfort. Draft Core Conference Grid. Session 6, 2011. Pp. 12-13.
17. Woods T. Re-examining Roof Ventilation as a Moisture Solution. Canada Mortgage and Housing Corporation. About Your House. Report CE-19, 2008. Pp. 1-7.
18. Rose W.B. The History of Attic Ventilation Regulation and Research. Thermal Envelopes VII Moisture and Air Leakage Control II-Practices, 1994. Pp.125-133.
19. СНиП II-26-76*. Кровли.
20. СНиП II-3-79*. Строительная теплотехника.
21. СНиП 23-01-9*. Строительная климатология.
22. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
23. ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещении.
24. СНиП 3.05.01-85. Внутренние санитарно-технические системы.
25. Об основах федеральной жилищной политики: закон Российской Федерации от 24.12.1992 №4218-1.
26. Богословский В.Н. Строительная теплофизика // Авок Северо-Запад, 2006. С. 293-301.
27. Петросова Д.В. Неизотермическая фильтрация воздуха через ограждающие конструкции замкнутых помещений: автореф. дисс. на соиск. учен. степ. к.т.н. .СПБГПУ. 2012. 21 с.
28. Петриченко М.Р. Термодинамические тождества и уравнения неизотермической фильтрации в изотропной пористой среде // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2013. №2. С. 188-192.

Removing ice dams by using of a transient air hole

A.D. Suslova¹, A.D. Sivokhin²

Saint-Petersburg State Polytechnical University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia

ARTICLE INFO

Original research article

Article history

Received 8 May 2014
Received in revised form 26 May 2014
Accepted 27 May 2014

Keywords

icicles;
air hole;
attic;
roof space;
ice dam;
snow melting;

ABSTRACT

The presence of ice crusts and icicles on roofs is an urgent problem since they influence the safety of people and property which are under cornices of roofs. There are a lot of methods to stop icicle formation on the roofs. But most of them are in need of expensive and complex equipment. At present article is used a way of stopping forming ice dams by creating a "cold attic". Tehnique of a transient air hole was offered to make it. The transient air hole can change its section area depending on wind speed. Such a constriction allows entering into the attic a big volume of cold air. Also, it helps to prevent a noise which is provided by a usual air hole. This concept was confirmed by a heat balance of the attic.

¹ *Corresponding author:*
+7 (909) 591 2150, the_october_country@mail.ru (Anna Dmitrievna Suslova, Student)

² +7 (904) 331 7990, a1sivokhin@gmail.com (Aleksandr Dmitrievich Sivokhin, Student)

References

1. Gorshkov A.S., Vatin N.I., Urustimov A.I., Rymkevich P.P. *Raschetnyy metod obosnovaniya tekhnologicheskikh meropriyatiya po predotvrashcheniyu obrazovaniya ledyanykh damb na kryshakh zdaniy so skatnoy krovley* [Estimated method of the technological measures to prevent the formation of ice dams on the housetop of a building with a pitched roof] // *Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal*. 2012. Vol. 29. №3. Pp. 69-73. (rus)
2. Akimov V.A., Durnev R.A., Sokolov Yu.I. *Opasnyye gidrometeorologicheskiye yavleniya na territorii Rossii* [Dangerous hydrometeorological phenomena in Russia] // *Nauchno-populyarnoye izdaniye FGU VNII GOChS (FTs)*. Moskva. 2009. Pp. 21-25. (rus)
3. *Rekonstruktsiya krysh Sankt-Peterburga na osnove legkikh stalnykh tonkostennykh konstruksiy i antiobledenitelnoy sistemy* [Reconstruction of the roofs in St. Petersburg on the basis of light steel thin-walled structures and de-icing system] // *Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal*. 2010. № 2. Pp. 59-64. (rus)
4. Paley A.A. *Obustroystvo krysh bez naledi i sosulek* [Construction of roofs without ice dams and icicles.] // *Federalnoye gosudarstvennoye uchrezhdeniye «Gosudarstvennyy okeanograficheskiy institut imeni N.N.Zubova»*. URL:<http://oceanography.ru/content/blogcategory/0/66/> (data obrashcheniya: 01.02.2014). (rus)
5. *Problemy ekspluatatsii zdaniy s dvuskatnymi krovlyami v zimniy period* [Problems of maintenance of buildings with a gable roof in winter] / Motorin V.M., Pryamykh S.I., Buyakov S.N., Mirgorodskiy A.N., Litvinyuk A.V. // *Trudy Voenno-kosmicheskoy akademii im. A.F. Mozhayskogo*. 2013. № 641. Pp. 175-178. (rus)
6. Ivanov A.N., Trembitskiy M.A. *Penobeton zadannoy sredney plotnosti dlya utepleniya cherdachnykh perekrytiy* [Foam concrete with a predetermined an average density for insulation attic floor] // *Magazine of Civil Engineering*. 2011. № 8. Pp. 19-24. (rus)
7. *Metody borby s sosulkami na kryshakh* [Methods of dealing with icicles on roofs] // *Termoplaza.ru Kabelnyye sistemy obogreva*. [web source] URL: <http://termoplaza.ru/index.php?x=roof2> (data obrashcheniya 01.02.2014). (rus)
8. Nemova D.V. *Renovatsiya cherdachnykh perekrytiy kak inzhenerno-tekhnicheskoye meropriyatiye po predotvrashcheniyu obrazovaniya naledey na kryshakh* [Renovation attic floors as engineering and technical measures to prevent the formation of ice dams on roofs] // *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2012. № 3. Pp. 87-90. (rus)
9. Liersch K. W. *Beluftete Dachkonstruktionen und Wandkonstruktionen*. Dacher, Anwendungstechnische Grundlagen. — Wiesbaden: Bauverl, 1990. Pp. 158—162.
10. Pierce M. *Causes and Cures of Attic Condensation And Roof Ice Damming Problems*. Department of Design & Environmental Analysis Cornell University Ithaca, NY. Housing Fact Sheet, 2005. Pp. 11-17.
11. Robert W. Humbarger. *Attic and cathedral ceiling ventilation and ice dam protection*. Interface magazine (RCI institute), January 2009. Pp. 32—35.
12. Woods A. *Attic Venting, Attic Moisture, and Ice Dams*. Canada Mortgage and Housing Corporation. About Your House. Report CE-13, 2007. Pp 45-46.
13. Straube J. *Ice Dams*. Building Science Press. Building Science Digest 135, 2006. Pp. 23-28.
14. Welch B. *Ice Dams: Causes, Prevention, and Solutions for Damaging Roof Ice Buildup*. The Mother Earth News. January/February 1990. Pp. 23-26.
15. Makkonen, L. *A model of icicle growth* / *Journal of Glaciology*. №116, 1988. Pp. 64—70.
16. Gordon J. *Attic Ventilation. Affordable Comfort*. Draft Core Conference Grid. Session 6, 2011. Pp. 12-13.
17. Woods T. *Re-examining Roof Ventilation as a Moisture Solution*. Canada Mortgage and Housing Corporation. About Your House. Report CE-19, 2008. Pp. 1-7.
18. Rose W.B. *The History of Attic Ventilation Regulation and Research*. Thermal Envelopes VII Moisture and Air Leakage Control II-Practices, 1994. Pp.125-133.
19. *SNiP II-26-76*. Krovli*.
20. *SNiP II-3-79*. Stroitel'naya teplotekhnika*.
21. *SNiP 23-01-9*. Stroitel'naya klimatologiya*.
22. *SNiP 41-01-2003. Otopleniye, ventilyatsiya i konditsionirovaniye*.
23. *GOST 30494-96 Zdaniya zhilyye i obshchestvennyye. Parametry mikroklimata v pomeshchenii*.
24. *SNiP 3.05.01-85. Vnutrenniye sanitarno-tekhnicheskiye sistemy*.

25. *Ob osnovakh federalnoy zhilishchnoy politiki: zakon Rossiyskoy Federatsii ot 24.12.1992 №4218-1.*
26. Bogoslovskiy V.N. *Stroitel'naya teplofizika* [Structural thermophysics] // Avok Severo-Zapad, 2006. Pp. 293-301. (rus)
27. Petrosova D.V. *Neizotermicheskaya filtratsiya vozdukha cherez ograzhdayushchiye konstruksii zamknutykh pomescheniy* [Nonisothermal filtration of air through the building envelope enclosed spaces]: synopsis. Ph.D. / D.V. Petrosova/ SPBGPU, 2012. Pp. 21. (rus)
28. Petrichenko M.R. *Termodinamicheskiye tozhdestva i uravneniya neizotermicheskoy filtratsii v izotropnoy poristoy srede* [Thermodynamic identities and equations of an isothermal filtration equation in an isotropic porous medium] // *Nauchno-tekhnicheskiye vedomosti SPBGPU*. 2013. №2. Pp. 188-192. (rus)