УДК 620.92
2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение




В.А. Лапина, В.А. Куницкий
Вологодский государственный университет

РАЗРАБОТКА ОРИГИНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ СНЕГОПЛАВИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

В статье представлены конструктивные решения по устройству теплообменной поверхности в разрабатываемой снегоплавильной установке оригинальной конструкции. Уникальность конструкции заключается в использовании нескольких теплообменных поверхностей для топки кусков снега различного размера. При этом сами поверхности выполняют функцию формирования расчетного размера фрагментов снежной массы.

Утилизация снега, тепловая энергия обратного теплоносителя, снегоплавильные установки.

Данная статья входит в серию авторских студенческих публикаций по разработке способа утилизации снежной массы при помощи мобильной утилизационной снегоплавильной установки [1, 2]. Существует идея использования тепловой энергии обратного магистрального теплоносителя для использования в мобильных снегоплавильных установках. Затрачиваемая теплота при этом будет компенсироваться за счет дополнительного нагрева обратного теплоносителя на стороне теплогенерирующей организации.

Рассмотрим наиболее близкие устройства к проектируемому:

- RU 2709396 C1 («Снегоплавильная установка на базе водогрейного котла») [3];
- Патент RU 215076 U1 («Снегоплавильное устройство») [4];
- Патент RU 2237136 C1 («Снеготаятельная установка») [5].

Основным недостатком у патента RU 2709396 C1 является зависимость от наличия и расположения водогрейного котла. Такую установку можно эффективно применять только там, где есть сезонная котельная с коробом для уходящих газов, в других условиях ее монтаж невозможен. Это сильно ограничивает сферу применения.

В конструкции, представленной в патенте RU 215076 U1, существует необходимость в дополнительном внешнем источнике теплоты для подогрева воды, которая подается в душевой коллектор для интенсификации таяния. Это ведет к дополнительным энергозатратам и усложняет устройство.

Устройство, представленное в патенте RU 2237136 C1, имеет существенный риск засорения. В конструкции используются трубчатые нагреватели, и при таянии снега на них и в разгрузочном отверстии могут накапливаться механические примеси (песок, мелкий гравий, мусор). Это снижает эффективность теплопередачи и требует регулярных остановок для ручной очистки.

Во многих случаях теплогенерирующая организация и организации, ответственные за содержание улично-дорожной сети, находятся в общей административной системе. По этой причине организационная сторона вопроса представляется сравнительно простой в решении.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью поиска энергоэффективных решений в сфере ЖКХ [6, 7].

Научная значимость исследования заключается в расчете энергетической эффективности оригинальной конструкции снегоплавильной установки, питаемой от тепловой энергии обратного магистрального теплоносителя.

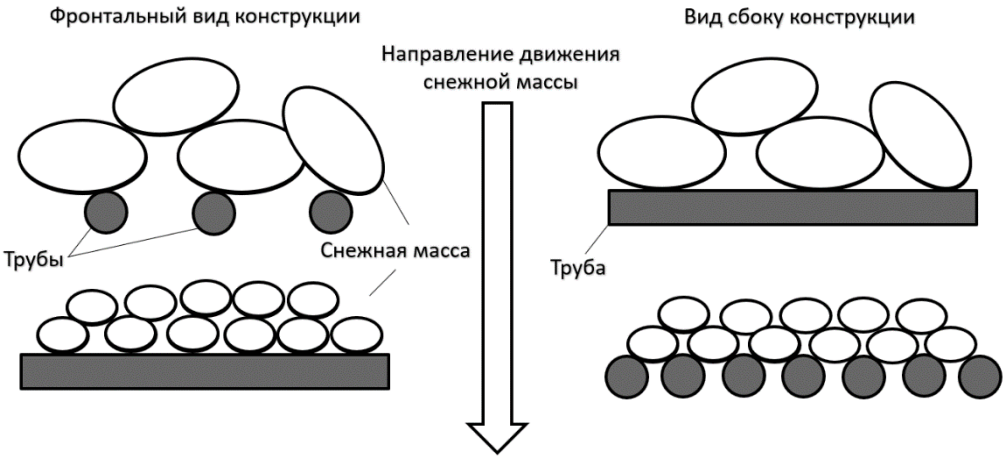


Рис. Схема движения снежной массы и устройства теплообменной поверхности

На данном этапе выбрана форма теплообменной поверхности: несколько уровней, состоящих из параллельно расположенных труб. На разных уровнях расстояние между трубами разное: уменьшается при движении от верхнего к нижнему уровню (рис.).

По трубам, которые формируют площадки-уровни, движется греющая вода. То есть площадки представляют собой коллекторы, на которых располагается снежная масса. Планируется, что в процессе таяния снежная масса будет попадать на нижний уровень в виде кусков меньшего размера [8, 9]. Уменьшение расстояния между трубами на нижнем уровне не позволит снегу упасть в самую нижнюю точку устройства, а позволит уменьшаться в размере при прохождении сверху вниз.

Таким образом, конструкция позволит интенсифицировать таяние снега за счет уменьшения размера кусков и увеличения площади взаимодействия кусков с теплообменной поверхностью.

Планируется также на трубах разместить дополнительные ребра в виде уголков или вертикальных стержней. Данные элементы будут входить в массу снега на определенную глубину. Планируется таким образом интенсифицировать процесс теплообмена и ускорить таяние снежной массы.

При данном решении увеличивается площадь теплообменной поверхности, а форма дополнительных ребер позволит сравнительно глубоко проникать в снежную массу и обеспечивать плотный контакт между поверхностью снега и греющей поверхностью. Но дополнительные ребра должны выдерживать нагрузку снежной массы и не деформироваться под ее влиянием. Это условие добавляет к списку задач прочностной расчет и площадок, и элементов дополнительного оребрения.

Математическую модель таяния снега предлагается выполнить на основе решения задачи теплопроводности с фазовым переходом (задача Стефана), где движение границы раздела фаз («лед/вода – снег») определяется подводимой от поверхности теплотой. В рассматриваемом случае предлагается считать толщину слоя воды равной нулю, так как вся получаемая вода условно мгновенно удаляется вниз под действием силы тяжести. Таким образом, задачу можно представить как теплопроводность внутри многослойной конструкции: металлическая стенка, тонкая пленка воды, снежная масса.

Для записи математической модели предлагается использоваться уравнение:

$$-\lambda \frac{dT(x,t)}{dx} = L \cdot \rho \frac{ds(t)}{dt},$$

где $dT(x,t)/dx$ – быстрота изменения функции температуры воды по координате, К/м; λ – коэффициент теплопроводности воды, Вт/(м·К); L – удельная теплота плавления снега/льда, кДж/кг; ρ – плотность снега, кг/м^3; $ds(t)/dt$ – скорость движения фронта таяния (скорость уменьшения толщины снежного покрова), м/с.

Предварительный расчет при стационарном режиме показывает, что использование двух теплообменных поверхностей при последовательном уменьшении размера снежных кусков уменьшает время таяния на 35 % относительно случая, когда таяние происходит при помощи одной теплообменной поверхности и разер кусков снега меняется во времени из-за естественного превращения в воду.

Заключение. Представлена конструкция оригинальной снегоплавильной установки в части формы теплообменной поверхности. Представлены принципиальные решения по описанию математической модели теплообмена в установке. Следующим этапом планируется разработать полную математическую модель процесса таяния снега в одномерном виде и получить температурные поля при стационарном тепловом режиме.

Литература

1. Довбыш, В. О. Обоснование применения модульной снегоплавильной установки для утилизации снега с территорий жилых домов и торговых центров / В. О. Довбыш, А. В. Шаруха // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 3-1. – С. 19–21.

2. Герасимов, С. Н. Снеготаятельная установка «Утилизация снега в канализацию при условии низких температур» / С. Н. Герасимов, А. В. Мурзин // Механики XXI веку. – 2008. – № 7. – С. 356–359.

3. Патент № 2709396 C1 Российская Федерация, МПК F23J 15/00, F24H 9/00, E01H 5/10. Снегоплавильная установка на базе водогрейного котла : № 2019114270 : заявл. 07.05.2019 : опубл. 17.12.2019 / С. В. Новичков, И. А. Ростунцова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» (СГТУ имени Гагарина Ю.А.).

4. Патент на полезную модель № 215076 U1 Российская Федерация, МПК E01H 5/10. Снегоплавильное устройство : № 2022123159 : заявл. 30.08.2022 : опубл. 28.11.2022 / С. В. Булавко, Н. Г. Одышев ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Газпром трансгаз Томск».

5. Патент № 2237136 C1 Российская Федерация, МПК E03F 5/02, E01H 5/10. снеготаялка : № 2003106327/03 : заявл. 07.03.2003 : опубл. 27.09.2004 / С. В. Храменков, Е. И. Пупырев, А. П. Зарубин [и др.] ; заявитель Государственное унитарное предприятие города Москвы «Институт МосводоканалНИИпроект».

6. Кескинов, А. Л. Новые технологии утилизации городского снега. Опыт Москвы / А. Л. Кескинов, Е. И. Пупырев, В. Е. Корецкий // Экология и промышленность России. – 2007. – № 3. – С. 17–19.

7. Применение снегосвалок для утилизации снега с городских дорог / А. Л. Егоров, Д. Л. Егоров, В. В. Федотов, Е. А. Федотова // Проблемы функционирования систем транспорта : материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Тюмень, 14–16 ноября 2012 г.). – Тюмень : Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2012. – С. 154–156.

8. Snow Resource Reutilization: Design of Snow Collection and Compression Equipment Based on Functional Analysis Method / Zhang Y., Guo J., Zhu Y. [et al.] // *Sustainability*. – 2024. – *16*. – 9564. – URL: https://doi.org/10.3390/su16219564 (дата обращения: 28.09.2026). – Text : electronic.

9. Rooney, J. The economic and social implications of snow and ice / Rooney J. // *Water, Earth, and Man*. – Routledge : London, UK, 2021. – P. 389–401.

V.A. Lapina, V.A. Kunitsky
Vologda State University

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A NOVEL SNOW-MELTING UNIT

The article presents design solutions for the heat-exchange surface configuration of a snow-melting unit featuring an innovative design. The uniqueness of the design lies in the use of multiple heat-exchange surfaces to melt snow chunks of varying sizes; simultaneously, the surfaces themselves serve to shape the snow mass fragments to the required dimensions.

Snow disposal, thermal energy from return heat-transfer fluid, snow-melting units.