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




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

СПОСОБ УТИЛИЗАЦИИ СНЕГА ПРИ ПОМОЩИ ТЕПЛОТЫ ОБРАТНОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В МАГИСТРАЛЬНЫХ СЕТЯХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

В статье представлен способ утилизации снега при помощи тепловой энергии обратного теплоносителя в магистральных сетях теплоснабжения. Дан расчет необходимого количества тепловой энергии для расчетного значения мощности снегоплавильной установки. Обозначены направления исследования, реализуемые в настоящее время.

Утилизация снега, тепловая энергия обратного теплоносителя, снегоплавильные установки.

Утилизация снега – это важная задача, которую необходимо решать при эксплуатации территорий в зимнее время года. В нашей стране большое количество объектов находится в климатической зоне с выраженным холодным периодом и поиски эффективного (экономически, экологически и энергетически) пути решения данной задачи являются **актуальным** направлением исследования.

На данный момент широко используются следующие подходы к решению данной задачи:

- Утилизация снега при помощи его вывоза на специальные полигоны.
- Утилизация снега при помощи снегоплавильных установок на жидком, твердом и газообразном топливе.
- Утилизация снега при помощи снегоплавильных установок, питаемых от котельной, основным назначением которой является выработка тепловой энергии для плавления снега.

Существует идея использования снегоплавильной установки, питаемой теплоносителем из обратного трубопровода магистральных сетей теплоснабжения. При этом снегоплавильная установка располагается одновременно в непосредственной близости к канализационному колодцу (или другой точке доступа к водоотводящим сетям), и в непосредственной близости к магистральному трубопроводу. Питание установки происходит при помощи байпаса и насоса. Принципиальная схема интегрированной установки в сети теплоснабжения представлена на рисунке.

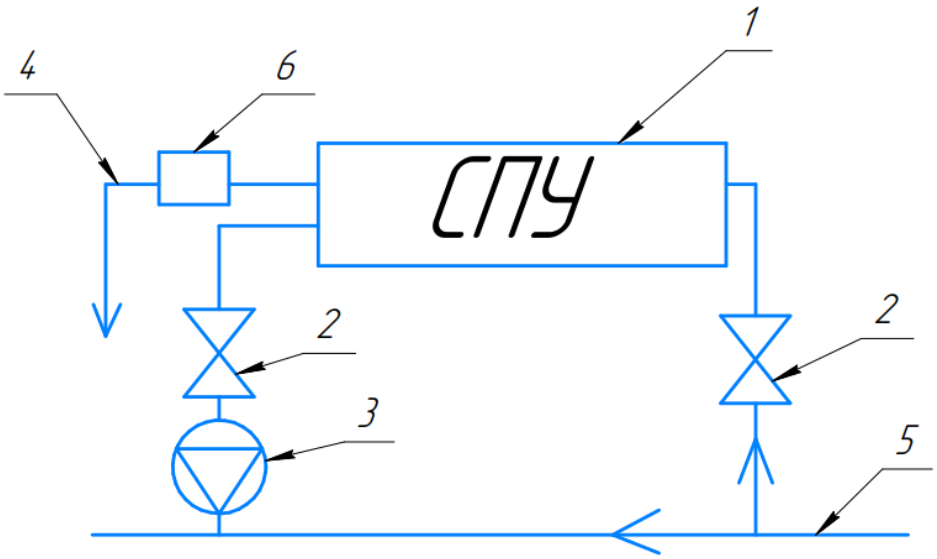


Рис. Принципиальная схема подключения снегоплавильной установки к обратной магистрали сети теплоснабжения: 1 – снегоплавильная установка (СПУ); 2 – запорная арматура; 3 – насос; 4 – сброс талой воды в канализационные сети; 5 – обратная магистраль сетей теплоснабжения; 6 – фильтр для талой воды

Основная проблема исследования – поиск ответа на вопрос: какой способ наиболее эффективный из представленных выше?

Рассмотрим характерные особенности способа утилизации снега при помощи тепловой энергии обратного теплоносителя.

1. Власти населенного пункта в большинстве случаев являются собственникам теплогенерирующих и теплоснабжающих организаций и при этом в их функционал входит задача по утилизации снега. При такой ситуации имеется возможность определить точную стоимость утилизации единицы массы снега разными подходами [1, 2]. При этом организационная часть интегрирования СПУ в магистральные сети теплоснабжения становится сравнительно простой задачей.

2. При дополнительном отборе тепловой энергии у обратного теплоносителя возникает необходимость догрева данного теплоносителя на стороне теплогенерирующей организации (дополнительная трата топлива).

3. Интеграция СПУ в сети теплоснабжения требует проектирования и монтажа систем очитки талой воды, использование техники для погрузки снега в СПУ, наличие пространства для складирования снега при текущей загрузке СПУ, наличие персонала.

4. Температура обратного теплоносителя изменяется в течение года [3].

Научная значимость работы заключается в определении эффективности утилизации теплоты снега при помощи тепловой энергии обратного теплоносителя из магистральных сетей теплоснабжения.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке математической модели таяния снега в снегоплавильной установке**.**

Практическая значимость работы заключается в проектировании снегоплавильной установки оригинальной конструкции, питаемой тепловой энергией обратного теплоносителя.

На данном этапе исследования необходимо произвести расчет экономической целесообразности интегрирования СПУ в сети теплоснабжения. Введем расчетные исходные данные [4–6] (табл.).

Таблица

Исходные данные для расчета

Параметр, ед. изм.	Значение
Средняя температура теплоносителя в обратном трубопроводе в период утилизации снега, T_o, °С	50
Массовый расход в обратном трубопроводе, Go, кг/с	300
Массовый расход в СПУ, $G_{спу}$, кг/с	30
Средняя температура снега в период утилизации, T_c, °С	-16
Теплоемкость снега, С, кДж/(К·м^3)	700
Производительность СПУ, Е, м^3/ч	50

Количество тепловой энергии, необходимой для обеспечения расчетной производительности СПУ, вычисляется по формуле $Q = E \cdot C \cdot \Delta T$, где ΔT – разница между температурой утилизируемого снега и температурой его плавления. При расчетных данных W = 560 МДж/ч.

Для обеспечения такой мощности необходим пропустить через СПУ теплоноситель с расходом 30 кг/с, охладив его при этом до 28,8 °С.

Отобранное количество тепловой энергии можно компенсировать на источнике при дополнительном использовании примерно 15 м^3 природного газа.

Точные данные о себестоимости плавления снега в открытых источниках отсутствуют, но косвенно можно оценить маржинальность снегоплавления как коммерческой деятельности [7]. Таким образом, получается, что себестоимость утилизации 1 м^3 при помощи вывоза на полигон хранения составляет 50–100 руб/м^3.

Интересным вопросом является сравнение стоимости утилизации снега при отборе тепловой энергии из обратных трубопроводов с утилизацией снега путем вывоза на полигон или плавления в СПУ, работающих на твердом или жидком топливе.

Основным преимуществом утилизации снега при помощи теплоты обратного теплоносителя является сравнительно маленькие организационные и технические усилия по внедрению СПУ в действующие сети, а также низкая стоимость природного газа как источника компенсации отобранной тепловой энергии [8, 9].

На данный момент данная работа реализуется в нескольких направлениях:

- определение стоимости утилизации снега путем вывоза на полигон (составлен соответствующий запрос в Администрацию г. Вологды);
- подача заявки на получение охранного документа на уникальную конструкцию снегоплавильной установки;
- разработка математической модели теплообмена в снегоплавильной установке.

Вывод.

Представлена принципиальная схема способа плавления снега в снегоплавильной установке, питаемой от тепловой энергии обратного трубопровода.

Определено количество тепловой энергии, необходимое для отбора из обратного трубопровода, при расчетном значении мощности снегоплавильной установки. Определен расход природного газа, необходимый для обеспечения работы СПУ.

Определена себестоимость утилизации снега при помощи вывоза на полигон для хранения.

Литература

1. 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.

2. 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 студен-

тов, аспирантов и молодых ученых (Тюмень, 14–16 ноября 2012 г.). – Тюмень : Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2012. – С. 154–156.

3. 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.

4. Игнашкин, Д. С. Сравнение экономической эффективности утилизации снега при помощи мобильных и стационарных снегоплавильных установок / Д. С. Игнашкин, В. В. Салмин // Транспорт. Экономика. Социальная сфера (Актуальные проблемы и их решения) : сборник статей XI Международной научно-практической конференции (Пенза, 16–17 апреля 2024 г.). – Пенза : Пензенский государственный аграрный университет, 2024. – С. 63–67.

5. 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.

6. Артамонова, Л. П. Разработка системы утилизации снега на базе котельной / Л. П. Артамонова, О. С. Шадрин // Современные тенденции технологического развития АПК : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной Десятилетию науки и технологий и 300-летию Российской академии наук (Ижевск, 24–26 февраля 2025 г.). – Ижевск : Удмуртский государственный аграрный университет, 2025. – С. 250–255.

7. Серебренников, А. А. Динамика процесса тепловой утилизации снега в зависимости от основных факторов / А. А. Серебренников, А. А. Плохов // Экологические системы и приборы. – 2019. – № 7. – С. 3–11. – DOI 10.25791/esip.07.2019.710.

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: 15.05.2026). – Text : electronic.

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

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

METHOD OF SNOW DISPOSAL USING RETURN COOLANT HEAT IN MAIN HEAT SUPPLY NETWORKS

The article presents a method for recycling snow using the thermal energy of the return coolant in the main heating networks. The calculation of the required amount of thermal energy for the calculated power of a snow-melting installation is presented. The directions of research currently being implemented are indicated.

Snow recycling, thermal energy of return coolant, snow melting plants.