

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

УДК 621.578

Светлана Андреевна Банникова

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной теплоэнергетики, Россия, Иваново, телефон +7 (4932) 269-975, e-mail: sabannikova_pte@mail.ru

Александр Васильевич Банников

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой промышленной теплоэнергетики, Россия, Иваново, телефон +7 (4932) 269-975, e-mail: avbannikov_pte@mail.ru

Мария Владимировна Козлова

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной теплоэнергетики, Россия, Иваново, телефон +7 (4932) 269-975, e-mail: mariyakozlova1996@gmail.com

Владимир Николаевич Шарыпов

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», инженер-промтеплоэнергетик, председатель ГАК по кафедре промышленной теплоэнергетики, Россия, Иваново, телефон +7 (4932) 269-975.

Повышение качества городской среды за счет использования трансформатора теплоты сезонного действия в системах теплоснабжения

Авторское резюме

Состояние вопроса. Городское хозяйство включает в себя большое количество строительных объектов различного назначения, которые нуждаются в организации надежного и эффективного теплоснабжения, улучшении инфраструктуры и при этом должны формировать безопасную и комфортную городскую среду. Важнейшая государственная задача по рациональному использованию энергетических ресурсов может быть решена, в том числе, путем использования вторичных энергоресурсов и возобновляемых источников энергии. В связи с этим разработка новых современных технологий по вторичному использованию энергетических ресурсов в городской среде является актуальной задачей. Целью исследования является оценка энергетической и экономической эффективности трансформатора теплоты сезонного действия, предназначенного для поддержания состояния дорожных покрытий различных конструкций в холодный период года без ледяного и снежного покрова, а также для производства горячей воды в системах горячего водоснабжения за счет утилизации теплоты нагрева дорожного покрытия в теплый период года.

Материалы и методы. Исследование проведено с использованием метода балансовых расчетов процессов теплообмена в технологических энергоустановках.

Результаты. Предложено устройство, основанное на процессах трансформации теплоты, позволяющее повысить качество городской среды. Определена эффективность работы предлагаемого устройства. Рассчитаны эксплуатационные затраты на его работу.

Выводы. Предложенное техническое решение обеспечивает снижение затрат на энергообеспечение зданий и экономию энергоресурсов, а также повышает эксплуатационные качества, удобство и безопасность использования придомовых территорий.

Ключевые слова: трансформатор теплоты, вторичные энергоресурсы, утилизация теплоты сточных вод, энергоэффективность, система снеготаяния и антиобледенения

Svetlana Andreevna Bannikova

Ivanovo State Power Engineering University, Candidate of Engineering Sciences (PhD), Associate Professor of Industrial Heat Power Engineering Department, Russia, Ivanovo, telephone +7 (4932) 269-975, e-mail: sabannikova_pte@mail.ru

Aleksandr Vasilievich Bannikov

Ivanovo State Power Engineering University, Candidate of Engineering Sciences (PhD), Associate Professor, Head of Industrial Heat Power Engineering Department, Russia, Ivanovo, telephone +7 (4932) 269-975, e-mail: avbannikov_pte@mail.ru

Mariya Vladimirovna Kozlova

Ivanovo State Power Engineering University, Candidate of Engineering Sciences (PhD), Associate Professor of Industrial Heat Power Engineering Department, Russia, Ivanovo, telephone +7 (4932) 269-975, e-mail: mariyakozlova1996@gmail.com

Vladimir Nikolaevich Sharypov

Ivanovo State Power Engineering University, Industrial Thermal Power Engineer, Chairperson of the State Attestation Commission, Industrial Heat Power Engineering Department, Russia, Ivanovo, telephone +7 (4932) 269-975

Improving the quality of urban environment using a seasonal heat transformer in heat supply systems

Abstract

Background. The urban economy includes a large number of construction sites for various purposes that need reliable and efficient heat supply, and improvement of infrastructure. And at the same time, they must create a safe and comfortable urban environment. The most important state task of rational use of energy resources can be solved using secondary energy resources and renewable energy sources. Therefore, the development of new modern technologies for the secondary use of energy resources in the urban environment is an urgent task. The purpose of the study is to evaluate the energy and economic efficiency of the proposed seasonal heat transformer, designed to maintain road surfaces of various structures during the cold season without ice and snow cover, as well as to produce hot water in hot water supply systems by utilizing the heat of heating the road surface during the warm season.

Materials and methods. The method of balance calculations of heat exchange processes in technological power plants is used in the study.

Results. A device based on heat transformation processes has been proposed to improve the quality of the urban environment. The efficiency of the proposed device and the operating costs of its operation are determined.

Conclusions. The proposed technical solution ensures a reduction in energy costs for buildings and energy savings, and also improves the operational parameters, convenience and safety of the adjacent territories.

Key words: heat transformer, secondary energy resources, wastewater heat recovery, energy efficiency, snow melting and anti-icing system

DOI: 10.17588/2072-2672.2025.1.005-011

Введение. Значение энергоэффективности жилищно-коммунального хозяйства в современных условиях сложно переоценить. Городское хозяйство включает в себя большое количество строительных объектов различного назначения, которые нуждаются в организации надежного и эффективного теплоснабжения, улучшении инфраструктуры и при этом должны соответствовать безопасной и комфортной городской среде. Важнейшая государственная задача по рациональному использованию энергетических ресурсов может быть решена, в том числе, путем использования

вторичных энергоресурсов и возобновляемых источников энергии¹. В связи с этим разработка новых современных технологий по вторичному использованию энергетических ресурсов в городской среде является актуальной задачей. В пределах города ко вторичным тепловым энергоресурсам, имеющим наибольший энергетический потенциал, можно отнести тепло сточных вод, к возобновляемым источникам – солнечную радиацию и энергию грунта.

Тепловая энергия, содержащаяся в сточных водах как промышленных предприятий, так и

¹ Федеральный закон № 261 от 23 ноября 2009 г.: [принят Гос. Думой 11 ноября 2009 г.: по состоянию на 11 июня 2021 г.] // Российская газета. – 2009. – 27 ноября (№ 226).

объектов жилищно-коммунального хозяйства, как правило, не используется. При этом канализационные стоки, в частности, жилищно-коммунального хозяйства характеризуются как большим и стабильным расходом, так и температурой, которая даже в холодный период года обычно достигает 15–20 °С [1, 2].

Идея утилизации тепла сточных вод при помощи тепловых насосов не нова. Разработка подобных способов утилизации теплоты сточных вод посвящен ряд работ [3, 4, 5].

Применение современных технологий, способных снизить затраты на энергообеспечение зданий и обеспечить экономию ресурсов, может также иметь эффект в виде улучшения эксплуатационных качеств территорий общего пользования и повышения их безопасности и удобства. Целью исследования является оценка энергетической и экономической эффективности разработанного трансформатора теплоты сезонного действия, имеющего вышеуказанные возможности [5].

Трансформатор теплоты сезонного действия предназначен для поддержания состояния дорожных покрытий различных конструкций в холодный период года без ледяного и снежного покрова, а также для получения горячей воды в системах горячего водоснабжения за счет утилизации теплоты нагрева дорожного покрытия в теплый период года.

Трансформатор теплоты сезонного действия (рис. 1) состоит из парокомпрессионного реверсивного теплового насоса 1 и трех контуров циркуляции теплоносителя. Первый контур циркуляции теплоносителя (контур системы снеготаяния и антиобледенения) содержит горизонтальный грунтовый коллектор 2, выполненный из полимерных труб, соединенных последо-

вательно или параллельно, заполненных теплоносителем, уложенных в грунте под дорожным покрытием 3, соединенных через циркуляционный насос первого контура 4 с испарителем-конденсатором 5 реверсивного парокомпрессионного теплового насоса 1. Второй контур циркуляции теплоносителя (контур системы утилизации тепла сточных вод) содержит коллектор 6, выполненный из полимерных труб, заполненных теплоносителем, уложенных вокруг трубы отвода канализационных стоков 7, соединенный через циркуляционный насос второго контура 8 с конденсатором-испарителем 9 реверсивного парокомпрессионного теплового насоса 1. Третий контур циркуляции теплоносителя (контур системы горячего водоснабжения) содержит коллектор 10, выполненный из полимерных труб, размещенных в баке-аккумуляторе 11 (входящего в систему горячего водоснабжения), соединенный через циркуляционный насос третьего контура 12 с конденсатором-испарителем 9 реверсивного парокомпрессионного теплового насоса 1.

Необходимо отметить, что второй контур циркуляции теплоносителя, предназначенный для отвода теплоты канализационных стоков, может иметь различное исполнение. Он может состоять, например, из коллектора, выполненного из полимерных труб, заполненных теплоносителем, уложенных вокруг трубы отвода канализационных стоков, как показано на рис. 1.

Другим вариантом является контур, имеющий в своем составе промежуточный теплообменник-утилизатор сточных вод, в котором происходит нагрев циркулирующего через испаритель теплового насоса теплоносителя за счет теплоты очищенных канализационных стоков, также подаваемых в этот теплообменный аппарат [3].

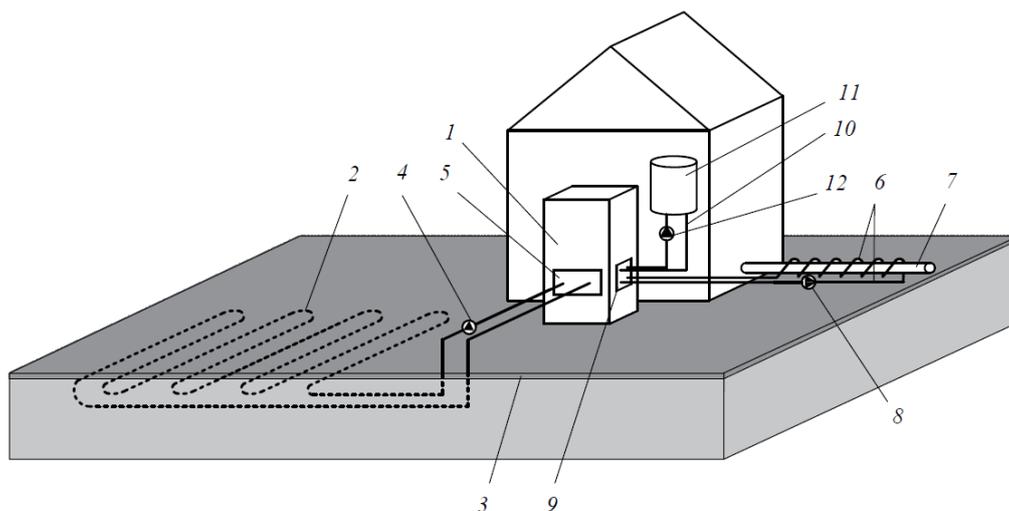


Рис. 1. Устройство трансформатора теплоты сезонного действия: 1 – реверсивный парокомпрессионный тепловой насос; 2 – горизонтальный грунтовый коллектор; 3 – дорожное покрытие; 4 – циркуляционный насос первого контура; 5 – испаритель-конденсатор реверсивного парокомпрессионного теплового насоса; 6 – второй контур циркуляции теплоносителя; 7 – труба отвода канализационных стоков; 8 – циркуляционный насос второго контура; 9 – конденсатор-испаритель реверсивного парокомпрессионного теплового насоса; 10 – третий контур циркуляции теплоносителя; 11 – бак-аккумулятор; 12 – циркуляционный насос третьего контура

Принцип и режимы работы трансформатора теплоты сезонного действия. Для реализации режимов работы в теплый и холодный периоды года используется реверсивный парокомпрессионный тепловой насос 1. Принципиальные схемы режимов работы трансформатора теплоты сезонного действия, работающего в теплый и холодный период года, показаны на рис. 2.

Теплообменные аппараты реверсивного теплового насоса изменяют свою функцию в зависимости от режима работы и, соответственно, на схемах рис. 2 имеют различное наименование.

В холодный период года (во время отопительного сезона) используется только первый и второй контуры циркуляции теплоносителя (рис. 2,а, толстая линия). Третий контур перекрыт. В холодный период года теплоноситель, циркулирующий во втором контуре, воспринимает тепловую энергию канализационных стоков 15 и при помощи циркуляционного насоса второго контура 13 поступает в испаритель 1 реверсивного парокомпрессионного теплового насоса. При этом полученная в конденсаторе 2 реверсивного парокомпрессионного теплового насоса тепловая энергия передается теплоносителю первого контура.

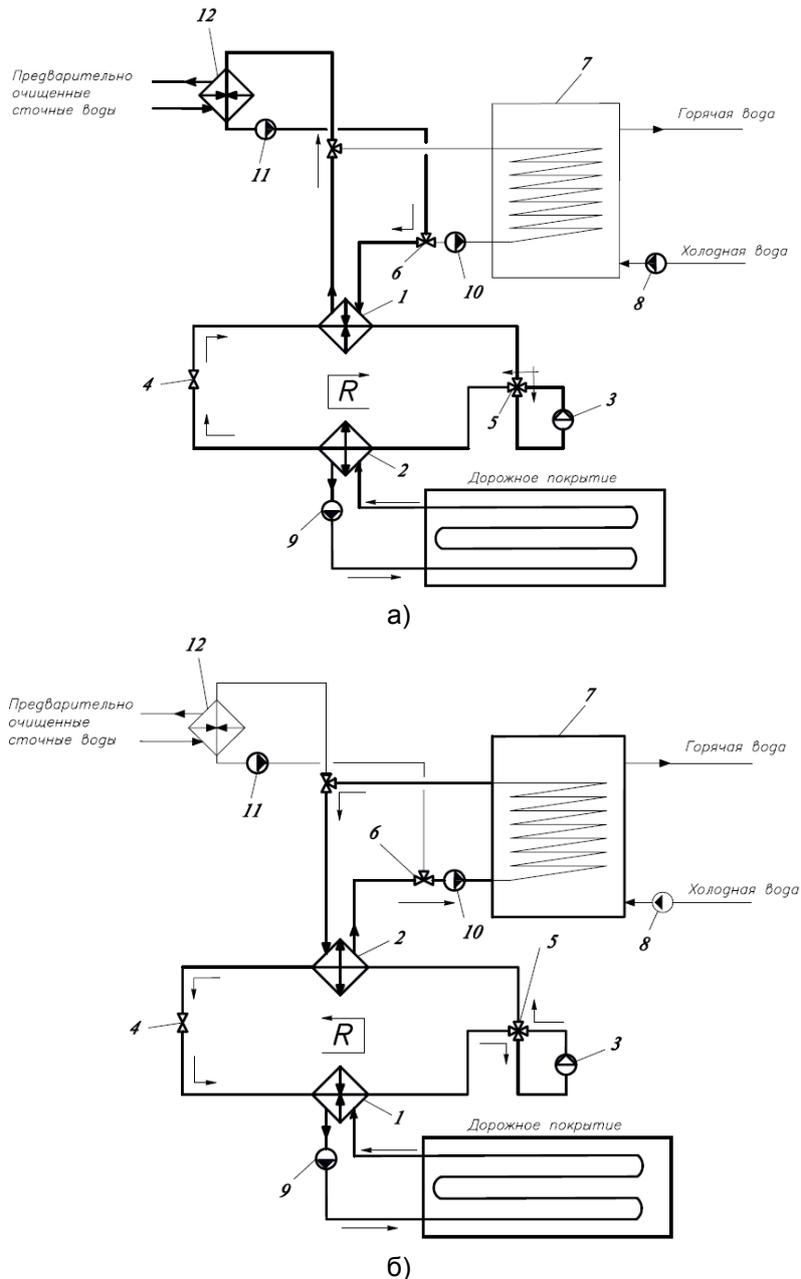


Рис. 2. Схемы режимов работы трансформатора теплоты сезонного действия в холодный (а) и теплый (б) периоды года: 1 – испаритель реверсивного теплового насоса; 2 – конденсатор реверсивного теплового насоса; 3 – компрессор; 4 – дроссельное устройство; 5 – четырехходовой клапан; 6 – трехходовой клапан; 7 – бак-аккумулятор; 8 – насос холодной водопроводной воды; 9 – циркуляционный насос первого контура циркуляции (контур, связанного с грунтовым коллектором); 10 – циркуляционный насос третьего контура циркуляции (контур, связанного с бак-аккумулятором); 11 – циркуляционный насос второго контура циркуляции (контур, связанного с системой отвода теплоты канализационных стоков); 12 – теплообменник-утилизатор сточных вод

Теплоноситель в первом контуре, циркулирующий при помощи циркуляционного насоса первого контура 9, нагревается в конденсаторе 2 реверсивного парокомпрессионного теплового насоса и направляется в горизонтальный коллектор, расположенный под дорожным покрытием обогреваемой площадки придомовой территории. Снег или лед, находящийся на дорожном покрытии, воспринимает тепловую энергию от горизонтального коллектора и тает. Таким образом, обеспечивается быстрое очищение асфальтного покрытия от снега и льда и продление срока его службы за счет поддержания стабильных температурных режимов эксплуатации.

В летнее время используется только первый и третий контуры (рис. 2,б, толстая линия). Второй контур перекрыт. В теплый период года тепловой поток солнечной радиации нагревает дорожное покрытие и прилегающий к нему грунт и воспринимается теплоносителем, циркулирующим при помощи циркуляционного насоса первого контура 9 в горизонтальном коллекторе, расположенном под дорожным покрытием придомовой территории. Нагретый теплоноситель направляется в испаритель 1 реверсивного парокомпрессионного теплового насоса. При этом полученная в конденсаторе реверсивного парокомпрессионного теплового насоса тепловая энергия передается теплоносителю третьего контура. Теплоноситель в третьем контуре нагревает воду, пригодную для нужд горячего водоснабжения, в баке-аккумуляторе 7. Произведенная в результате горячая вода может быть использована для нужд горячего водоснабжения. Кроме того, охлаждение дорожного покрытия в теплый период года предохраняет его от перегрева, создает более стабильные условия эксплуатации, что ведет к продлению срока его службы.

Эффективность применения трансформатора теплоты сезонного действия. Для оценки целесообразности применения рассматриваемого устройства был произведен анализ энергетической и экономической эффективности его работы в приложении к многоэтажному жилому дому, расположенному в г. Иваново и имеющему придомовую территорию с парковкой, предполагаемой к оснащению системой снеготаяния и антиобледенения. Суммарный расход сточных вод в рассматриваемом шестнадцатизэтажном жилом доме соответствовал нагрузке на его систему водоотведения. Необходимо отметить, что, кроме энергетической и экономической эффективности работы установки, возможность применения рассматриваемого устройства также определяется:

– наличием стабильного расхода сточных вод, обладающего достаточным температурным потенциалом;

– близостью потребителя теплоты для исключения потерь при транспортировке теплоносителя;

– доступностью на рынке включенного в схему оборудования;

– простотой обслуживания установки.

Монтаж предлагаемого устройства возможно производить как на этапе строительства жилого дома, так и в эксплуатируемом здании, однако последнее потребует реконструкции дорожного покрытия, что приведет к увеличению капитальных затрат.

В качестве исходных данных для расчета установки, работающей в холодный период года, были приняты следующие параметры:

– массовый расход сточных вод 6,4 кг/с (в соответствии с нормативным расходом холодной и горячей воды в жилых зданиях²);

– температура сточных вод до и после теплообменника-утилизатора 20 °С и 13 °С соответственно;

– температура воды промежуточного контура до и после теплообменника-утилизатора 9 °С и 12 °С соответственно;

– температура теплоносителя на входе в систему снеготаяния и антиобледенения 35 °С.

В качестве ведущей нагрузки при расчете параметров работы теплового насоса, входящего в состав установки при ее работе в холодный период года, принята тепловая нагрузка на систему утилизации тепла канализационных стоков. При этом количество выделившейся в конденсаторе теплового насоса тепловой энергии определило площадь придомовой территории, оборудованной системой снеготаяния и антиобледенения.

В качестве исходных данных для расчета установки, работающей в теплый период года, были приняты следующие параметры:

– температура горячей воды 60 °С³;

– массовый расход теплоносителя (этиленгликоля) в ответвлениях (контурах) системы снеготаяния и антиобледенения 1,7 кг/с при скорости движения этиленгликоля 0,5 м/с и внутреннем диаметре подземных трубопроводов 64 мм;

– температура теплоносителя на входе в систему снеготаяния и антиобледенения 5 °С;

– суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность⁴, Вт/м².

В качестве основного элемента первого контура (контура системы снеготаяния и антиобледенения) была выбрана система снеготаяния и антиобледенения фирмы ABC-ELEMENTS⁵,

² СП 30.13330.2020 Внутренний водопровод и канализация зданий. – М.: ФАУ ФЦС, 2020. – 96 с.

³ СП 124.13330.2012 Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003. – М.: ФАУ ФЦС, 2012. – 78 с.

⁴ СП 131.13330.2020 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*. – М.: ФАУ ФЦС, 2020. – 150 с.

⁵ ABC-ELEMENTS: официальный сайт производителя систем напольного отопления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://abc-elements.ru>

предназначенная для очистки придомовых территорий, тротуаров, парковочных мест и т.п. Осуществление процесса снеготаяния заключается в подводе тепловой энергии по подземным трубопроводам к заснеженной поверхности в количестве, необходимом для нагрева и плавления снега. Очевидно, что на выбор необходимой мощности системы влияет интенсивность снегопада, скорость ветра, температура наружного воздуха и конструкция дорожного покрытия. Количество осадков, выпадающих в период с ноября по март в г. Иваново в соответствии с актуальной нормативной документацией, составляет 206 мм³. При этом расчетная нагрузка на систему снеготаяния, исходя из наихудших условий, соответствующих условиям сильного снегопада, принята равной 5 мм высоты слоя воды, образовавшегося на горизонтальной поверхности от растаявшего снега в час. В пересчете на свежеснег расчетная нагрузка составляет 10 см снежного покрова в час. За расчетную температуру наружного воздуха принята температура минус 20 °С, что обусловлено снижением вероятности снегопада при данной температуре и ниже⁶. Анализируя влияние температуры окружающей среды на требуемую мощность системы снеготаяния и антиобледенения, можно отметить, что температура наружного воздуха, а следовательно, температура снега, влияет незначительно, нагрев снега до температуры плавления составляет не более 10 % от общей необходимой мощности системы. Требуемая мощность системы снеготаяния и антиобледенения на один квадратный метр варьируется от 460 Вт при температуре наружного воздуха 0 °С до 520 Вт при температуре наружного воздуха минус 20 °С. Распределение нагретого теплоносителя по системе снеготаяния и антиобледенения осуществляется через прямой и обратный коллекторы по присоединенным к ним контурам из трубопроводов, проложенных под дорожным покрытием. В этой системе целесообразно использовать незамерзающий теплоноситель, например раствор этиленгликоля с концентрацией, соответствующей расчетной температуре наружного воздуха и равной в рассматриваемом случае 47 %. Температура теплоносителя, напрямую зависящая от термического сопротивления покрытия, отделяющего подземную систему трубопроводов от снега и наледи, и геометрических параметров самих трубопроводов, принята равной 35 °С. В теплый период года данный контур предназначен для отвода воспринятой тепловой энергии, поступающей на поверхность придомовой территории за счет солнечной радиации.

Второй контур циркуляции теплоносителя (контур системы утилизации тепла) состоит из

контуров, связанных теплообменником-утилизатором (рис. 2).

Третий контур циркуляции теплоносителя (контур системы горячего водоснабжения) содержит коллектор, выполненный из полимерных труб, размещенных в баке-аккумуляторе.

В качестве рабочего агента теплового насоса, связывающего все три контура циркуляции теплоносителя, выбран фреон R134a как один из наиболее распространенных рабочих агентов, применяемых в современных теплонасосных установках.

Результаты исследования. Расчеты предложенной установки, работающей в холодный период года, позволили определить площадь придомовой территории с парковкой, которую возможно обслуживать рассматриваемой установкой. При заданной расчетной температуре наружного воздуха и расчетной нагрузке на систему снеготаяния и антиобледенения площадь тротуаров и парковочных мест для автомобилей составила 450 м². Необходимо отметить, что при заданных параметрах работы установки с повышением температуры наружного воздуха интенсивность процесса снеготаяния будет возрастать и при 0 °С увеличится на 11 %. Данное обстоятельство говорит также о том, что с повышением температуры наружного воздуха рассматриваемая система снеготаяния будет обладать большей производительностью и справляться с большей снеговой нагрузкой. В результате расчета, произведенного по методике, отраженной в [7], был определен коэффициент трансформации пароконденсационного теплового насоса в действительном цикле его работы в холодный период года, равный 8, что говорит о высокой эффективности работы теплового насоса при принятых условиях.

При расчете установки, работающей в теплый период года с учетом различной интенсивности солнечной радиации и затененности, оборудованной устройством придомовой территории, были определены: температура нагретого теплоносителя на входе в испаритель теплового насоса, теплопроизводительность теплового насоса и эффективность его работы в течение теплого периода года (см. таблицу).

Эксплуатационные затраты на работу установки складываются из затрат электроэнергии на работу компрессора теплового насоса и циркуляционных насосов во всех контурах циркуляции теплоносителя. Полученные значения коэффициента трансформации теплового насоса позволили произвести оценку энергетических затрат на его работу в теплый и холодный периоды года.

⁶ Anne Marie Helmenstine Can It Be Too Cold to Snow? / ThoughtCo, 05.01.2020. URL: <https://www.thoughtco.com/can-it-be-too-cold-to-snow-4113144>

Результат расчета установки для теплого периода года

Расчетный месяц	Параметр			
	$Q_{\text{сол}}$, Вт/м ²	Q_0 , кВт	$t'_и$, °C	$K_{\text{тр}}$
Май	225,28	78,65	12,2	4,9
Июнь	258	90,1	13,25	5,15
Июль	226,67	79,1	12,24	4,78
Август	185,28	64,7	10,9	4,55
Сентябрь	111,94	39,1	8,6	4,35

$Q_{\text{сол}}$ – средний поток суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность, Вт/м²; Q_0 – нагрузка на испаритель теплового насоса устройства, работающего в теплый период года, кВт; $t'_и$ – температура нагретого теплоносителя на выходе из системы снеготаяния и антиобледенения при работе устройства в теплый период года; $K_{\text{тр}}$ – коэффициент трансформации теплового насоса

В итоге для принятых исходных данных с учетом необходимой мощности насосного оборудования был определен годовой расход электрической энергии на работу системы, который составил 45000 кВт·ч, в том числе 4000 кВт·ч при работе в холодный период и 41000 кВт·ч при работе в теплый период года. Таким образом, стоимость очистки придомовой территории площадью 450 м² с учетом актуальных тарифов на электрическую энергию составило 25 тыс. руб. Количество горячей воды, полученной в результате работы установки в теплый период года, составило 2400 м³.

Выводы. Таким образом, предлагаемый трансформатор теплоты сезонного действия при принятых исходных данных позволит снизить затраты на энергообеспечение зданий, обеспечить экономию энергоресурсов, улучшить эксплуатационные качества придомовых территорий общего пользования, повысить их безопасность и удобство. В отличие от существующих на данный момент устройств, предназначенных для очистки дорожных покрытий от снега и льда, предлагаемое устройство позволит обеспечить использование двух видов вторичных энергоресурсов в рамках одного, предлагаемого нами устройства.

Список литературы

1. **Ченский И.А.** Использование теплового потенциала сточных вод // Наука и образование в глобальных процессах. – 2017. – № 1(4). – С. 95–97. – EDN ZQKZUD.
2. **Перспективы** применения тепловых насосов при утилизации теплоты городских стоков / В.В. Слесаренко, В.В. Князев, В.В. Вагнер, И.В. Слесаренко // Энергосбережение и водоподготовка. – 2012. – № 3(77). – С. 28–33.
3. **Пат.** № 2338969 С1 Российская Федерация, МПК F24H 4/00. Способ утилизации теплоты неочищенных сточных вод : № 2007105868/06 : заявл. 19.02.2007 : опубл. 20.11.2008 / А.Г. Лавриненко,

К.И. Сопленков, О.В. Спорыхин, А.Н. Стороженков, В.М. Чаховский, А.М. Шур, А.Л. Воронин ; заявитель Закрытое акционерное общество «НПО Энергосберегающие технологии». – 6 с.

4. **Пат.** № 2338968 С1 Российская Федерация, МПК F24H 4/00. Способ утилизации теплоты неочищенных сточных вод и получения горячего теплоносителя : № 2007105869/06 : заявл. 19.02.2007 : опубл. 20.11.2008 / А.Г. Лавриненко, К.И. Сопленков, О.В. Спорыхин, А.Н. Стороженков, В.М. Чаховский, А.М. Шур, А.Л. Воронин ; заявитель Закрытое акционерное общество «НПО Энергосберегающие технологии». – 7 с.

5. **Пат.** № 2480683 С2 Российская Федерация, МПК F25B 30/06, F24D 17/02. Способ утилизации низкопотенциального тепла сточных вод : № 2011115754/06 : заявл. 20.04.2011 : опубл. 27.04.2013 / Д.Г. Закиров, И.И. Боринских, М.А. Мухамедшин, Г.Д. Закиров, А.Н. Голубков ; заявитель Учреждение Российской академии наук Горный институт Уральского отделения РАН (ГИ УрО РАН). – 6 с.

6. **Пат.** № 151726 U1 Российская Федерация, МПК E01H 5/10. Трансформатор теплоты сезонного действия [Электронный ресурс] : № 2014141651/13 : заявл. 15.10.14 : опубл. 15.04.10 / С.А. Банникова ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет». – 6 с. Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/RU151726U1_20150410

7. **Соколов Е.Я., Бродянский В.М.** Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения. – М.: Энергия, 1968.

References

1. Chenskiy, I.A. Ispol'zovanie teplovogo potentsiala stochnykh vod [Using thermal potential of wastewater]. *Nauka i obrazovanie v global'nykh protsessakh*, 2017, no. 1(4), pp. 95–97. EDN ZQKZUD.
2. Slesarenko, V.V., Knyazev, V.V., Vagner, V.V., Slesarenko, I.V. Perspektivy primeneniya teplovykh nasosov pri utilizatsii teploty gorodskikh stokov [Future of the use of heat pumps for heat recovery of urban wastewater]. *Energoberezhenie i vodopodgotovka*, 2012, no. 3(77), pp. 28–33.
3. Lavrinenko, A.G., Soplentov, K.I., Sporykhin, O.V., Storozhenkov, A.N., Chakhovskiy, V.M., Shur, A.M., Voronin, A.L. *Sposob utilizatsii teploty neochishchennykh stochnykh vod* [Method for heat recovery of untreated wastewater]. Patent RF, no. 2338969, 2008.
4. Lavrinenko, A.G., Soplentov, K.I., Sporykhin, O.V., Storozhenkov, A.N., Chakhovskiy, V.M., Shur, A.M., Voronin, A.L. *Sposob utilizatsii teploty neochishchennykh stochnykh vod i polucheniya goryachego teponositelya* [Method of heat recovery of untreated wastewater and obtaining hot coolant]. Patent RF, no. 2338968, 2008.
5. Zakirov, D.G., Borinskikh, I.I., Mukhamedshin, M.A., Zakirov, G.D., Golubkov, A.N. *Sposob utilizatsii nizkopotentsial'nogo tepla stochnykh vod* [Method of utilization of low-potential heat of wastewater]. Patent RF, no. 2480683, 2013.
6. Bannikova, S.A. *Transformator teploty sezonogo deystviya* [Seasonal heat transformer]. Patent RF, no. 151726, 2010. Available at: https://yandex.ru/patents/doc/RU151726U1_20150410
7. Sokolov, E.Ya., Brodianskiy, V.M. *Energeticheskie osnovy transformatsii tepla i protsessov okhlazhdeniya* [Energy foundation of heat transformation and cooling processes]. Moscow: Energiya, 1968.