

DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-10-41-48

Тарасова Е.В., Коротынская В.С.Дальневосточный Федеральный университет***E-mail: korotynskaia.vs@students.dvfu.ru*

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗДУШНОГО ТЕПЛООВОГО НАСОСА

Аннотация. Солнечная энергия является одним из источников возобновляемой энергии, однако на территории России в холодный период года использование солнечной энергии затруднено из-за низких температур наружного воздуха. Целью данной статьи является анализ возможности энергосбережения для индивидуального жилого дома в городе Владивостоке при использовании накопления солнечной энергии в пристройке-теплице и теплового насоса для передачи теплоты в систему отопления. Широта города 43° , однако, расчетная температура для проектирования отопления составляет -22°C , что сильно затрудняет использование солнечной теплоты. Анализируется возможность накопления низкопотенциальной теплоты в специально оборудованной пристройке (теплице) для преобразования тепловым воздушно-водяным насосом, чтобы в дальнейшем использовать для нужд отопления. В качестве материала отделки пристройки были рассмотрены две конструкции: двухслойный поликарбонат с воздушной прослойкой и энергосберегающий стеклопакет. Расчет показал, что в самый холодный месяц – январь потенциал солнечной тепловой энергии составляет 14–37 % от необходимой потребности в теплоте в зависимости от применяемого в конструкции пристройки материала. В марте и апреле образуется излишек теплоты, который может быть использован для нужд горячего водоснабжения. Таким образом, для индивидуального жилого дома использование солнечной теплоты, аккумулированной в пристройке-теплице актуально в качестве дополнительного источника теплоты для системы отопления.

Ключевые слова: энергоэффективный дом, энергосбережение, солнечная радиация, пассивный дом, отопление.

Введение. Использование солнечной энергии для нагрева теплоносителя для удовлетворения потребности в отоплении становится все более популярным. Связано это в том числе со стремительным сокращением природных ресурсов планеты и, как следствие, ростом цен на ископаемое топливо [1]. Впервые нагреть воду с помощью солнца попытался швейцарский ботаник Орас Бенедикт де Соссюр в 1767 году [2]. С тех пор технология претерпела ряд изменений и была значительно улучшена. На сегодняшний день распространено использование солнечной энергии для строительства энергоэффективного или пассивного домов [3]. Примером такого дома может служить дом Норденрф. При его проектировании было учтено множество факторов, которые могут повлиять на его экономичность. Так, он ориентирован балконами и террасами на южную сторону, чтобы солнечное тепло могло максимально проникать внутрь, в то время как с северной стороны остекление весьма незначительное [4]. Существует множество примеров не только строительства новых пассивных домов, но и реконструкции старых неэкономичных зданий с применением основных принципов энергоэффективности по всему миру [5]. Довольно распространена практика использования воздушных солнечных коллекторов и других способов аккумулирования солнечной теплоты для повышения энергетической эффективности домов [6].

Однако, стоит отметить, что эффективность солнечного отопления напрямую зависит от угла падения солнечных лучей. Так, разработаны технологии, позволяющие следовать углу падения солнечных лучей в течение года [7] или суток [8].

Идея использовать дополнительные пристройки для накопления солнечного тепла и его дальнейшего использования в темное время суток давно описывается в научных работах [9, 10]. Также обязательным условием при проектировании пассивного дома является использование рекуперации [11]. Тепловые насосы позволяют собрать и сохранить максимум энергии, полученной от солнца [12]. Так, в научной работе был рассмотрен двухэтажный каркасный дом с пристроенной теплицей. Для передачи тепла от пристройки к северной стене используют систему труб с водой в качестве теплоносителя [13].

Объект и задачи исследования. В данной статье объектом исследования является частный жилой дом с возможностью частичного удовлетворения нужд отопления накопленной солнечной энергией, собираемой тепловым насосом в пристройке-теплице.

Поставлены следующие задачи: определить теплотехнические показатели исследуемого объекта; произвести расчет теплоступлений от солнечной радиации в теплицу для каждого ме-

сяца отопительного периода; оценить эффективности использования теплоты солнечной радиации.

Методика. Проводится анализ результатов расчета поступления солнечной радиации в объем пристройки и сравнение с расчетной нагрузкой по отоплению.

Основная часть. Описание объекта:

а) место строительства – г. Владивосток (зона влажности - нормальная);

б) назначение здания – жилое, температура внутреннего воздуха $t_{в} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$;

в) высота здания – 8,2 м, количество этажей - 2, общая площадь – 95 м²;

д) расчетные параметры наружного воздуха, для проектирования отопления: температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспечен-

ностью $0,92 t_{н}^5 = -22\text{ }^{\circ}\text{C}$, продолжительность периода со среднесуточной температурой $\leq 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ $Z_{от.пер} = 199$ сут., средняя температура за этот период $t_{от.пер} = -4,3\text{ }^{\circ}\text{C}$;

е) размеры теплицы 3×6,4 м, кровля имеет уклон 20°, высота в месте примыкания к дому $h = 3,8$ м (рис. 1);

г) данные по плотности потока солнечной радиации в г. Владивостоке были получены из исследований NASA (табл. 1). На соответствующем сайте были заданы координаты города Владивостока и получены данные о рассеянной и суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность.

В качестве основного материала стен жилого дома принят полистиролбетон (рис. 2).

Таблица 1

Поверхностная плотность потока солнечной радиации, Вт/м²

Параметр	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель
Поверхностная плотность потока прямой солнечной радиации	1680	1530	1870	2730	3270	3180
Поверхностная плотность потока рассеянной солнечной радиации	650	450	480	680	1180	1830

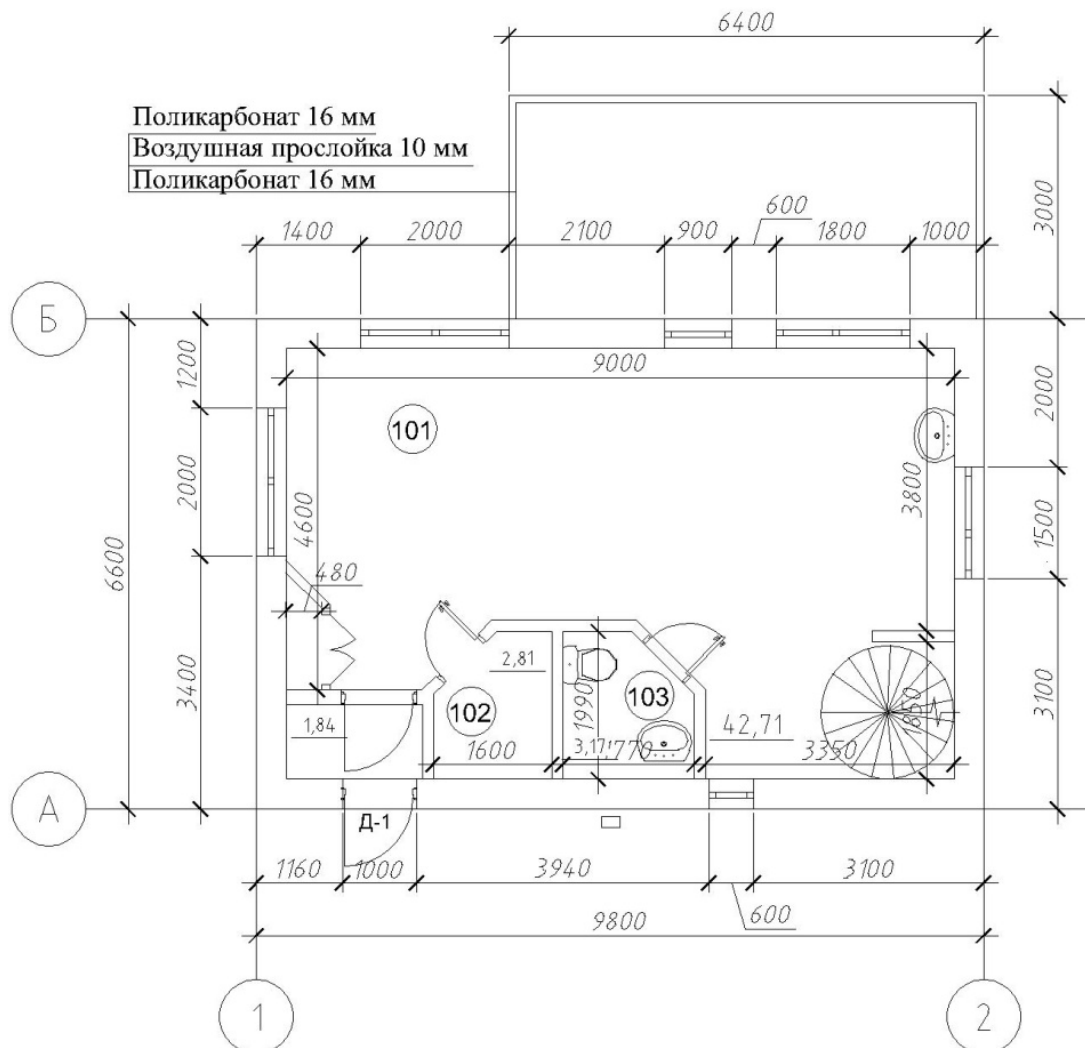


Рис. 1. План первого этажа с пристройкой



Рис. 2. Теплотехнические показатели проектируемого ограждения из полистиролбетона

Выполнен теплотехнический расчет стены с учетом неоднородностей. В качестве теплотехнических неоднородностей приняты элементы навесного вентилируемого фасада: саморезы длиной 70 мм и диаметром 4,2 мм, деревянный брус с размерами сечения 50×50 мм. На 1 м² стены приходится 4 элемента теплотехнической неоднородности. Требуемое сопротивление теплопередачи $R_0^{TP} = 3,092 \text{ м}^2 \cdot \text{°С}/\text{Вт}$. Осредненное по площади условное сопротивление теплопередаче $R_0^{Усл} = 4,74 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)/Вт}$, приведенное сопротивление теплопередаче глухой (без проемов) стены с НФС $R_0^{НФС} = 4,42 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)/Вт}$, коэффициент теплотехнической неоднородности составил 0,93.

Произведен расчет теплопотерь для месяцев года со среднемесячной температурой ниже 8 °С (табл. 2). Теплопотери разделены на 2 части: через ограждающие конструкции – $Q_{огр}$ и расход теплоты на нагрев вентиляционного воздуха $Q_{вент}$. При расчетной температуре $t_{н} = -22 \text{ °С}$ $Q_{огр}$ составили 5460 Вт.

Потребность теплоты на подогрев вентиляционного воздуха определена при норме 3 м³/ч на м² жилой площади дома. Требуемый расход приточного вентиляционного воздуха – 241 м³/ч, минимально требуемый расход вытяжного воздуха 165 м³/ч. По балансу расход вытяжного воздуха

увеличен до 216 м³/ч. Система вентиляции принята механическая как наиболее надежная и обеспечивающая устойчивый воздухообмен. Для сокращения тепловой нагрузки на подогрев приточного воздуха принято использовать пластинчатый рекуператор в приточно-вытяжной установке как одно из наиболее эффективных решений по экономии энергоресурсов для жилых домов [14]. Подобрана приточно-вытяжная установка с мембранным рекуператором Royal clima серия SOFFIO Uno модель RCS-350-U. Максимальный расход воздуха 319 м³/ч. При минимальной эффективности рекуперации (из технических характеристик эффективность рекуператора составляет 68–84 %) при расчетной температуре расход тепла на подогрев приточного воздуха снизится с 3433 до 1128 Вт.

Удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию составляет 0,519 Вт/(м³·°С), и, соответственно, частный жилой дом отвечает требованиям энергетической эффективности зданий согласно приказу №1550/пр от 17 ноября 2017г. «Об утверждении Требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений».

Результаты расчетов также представлены на рисунке 3.

Таблица 2

Теплопотери через ограждающие конструкции и вентиляцию

Параметр	Месяц					
	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель
Среднемесячная температура, °С	-0,9	-9,5	12,6	-9,1	-2,1	4,8
$Q_{огр}$, Вт	625,80	1263,61	1493,52	1233,94	722,41	185,06
$Q_{вент}$ без рекуперации, Вт	1708,2	2411,1	2664,5	2378,4	1806	1242,3
$Q_{вент}$ с рекуперацией, Вт	461,1	732,9	830,8	720,2	499,0	281,0
Эффективность рекуперации, Вт	1247,1	1678,2	1833,6	1658,2	1307,3	961,4

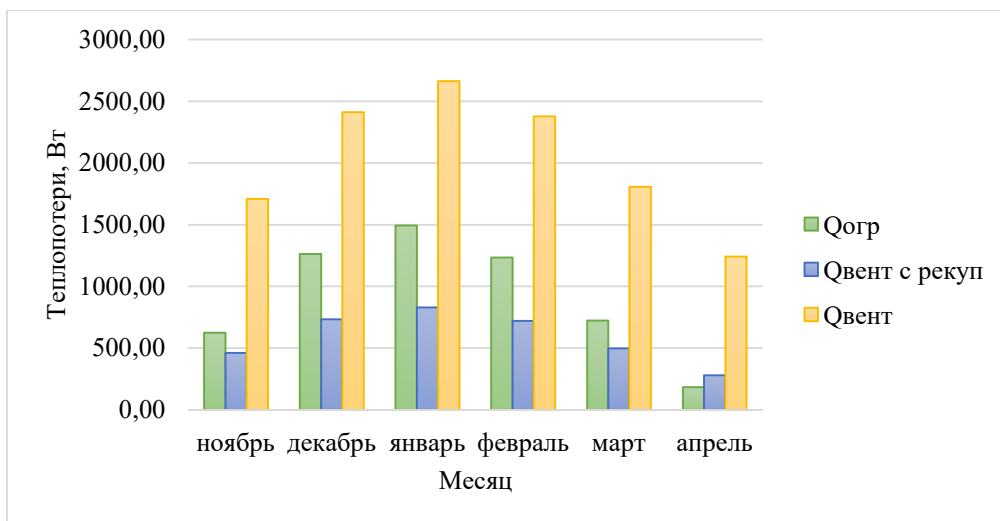


Рис. 3. Диаграмма, отражающая теплопотери через ограждающие конструкции и вентиляцию с применением и без применения рекуперации

Расчет теплопоступлений от солнечной радиации в теплицу. Пристройка представляет из себя прямоугольное в плане помещение, имеющее одну общую стену с домом. Остальные три стены и крыша выполнены из светопрозрачных конструкций. Размеры пристройки в плане 6,4×3 м. Высота: от 2,7 м до 3,8 м. Угол наклона крыши пристройки составляет 20°.

Рассмотрено два варианта конструкций:

- теплица из поликарбоната;
- теплица из энергосберегающего стеклопакета.

Сопротивление теплопередаче для поликарбоната составляет 0,727 м²·°C/Вт, для энергосберегающего стеклопакета 1,56 м²·°C/Вт.

Для расчета потока солнечной радиации на наклонную поверхность принята методика, основанная на общеизвестных зависимостях [15]. Вычислена прямая и рассеянная радиация за каждый час светового дня в каждом месяце года на горизонтальную и наклонную поверхности по четырем сторонам ориентации здания (по Ю-З, С-З, С-В и Ю-В направлениям). Интенсивность солнечной радиации у земли на произвольно наклоненную поверхность, Вт/м² [16]:

$$i_p = s_m [\cos \alpha \cdot (\sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \Omega) + \sin \alpha \{ \cos \Psi_n [\operatorname{tg} \varphi \cdot (\sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \Omega) - \sin \delta \cdot \sin \varphi] + \sin \Psi_n \cdot \cos \delta \cdot \sin \Omega \}], \quad (1)$$

где s_m – интенсивность солнечной радиации у земной поверхности на горизонтальную поверхность, Вт/м², за расчетный час; φ – широта, рад.; δ – склонение Солнца, рад.; Ω – часовой угол Солнца в данный момент времени, отсчитываемый от момента истинного полудня, рад; α – угол наклона солнечной поверхности к горизонту, рад (рис. 4).

Ψ_n – азимут поверхности, измеряется как угол между нормалью к поверхности и направлением на юг, рад.

На рисунке 5 представлен график суммарного потока радиации на 1 м² теплицы по часам суток январь и март на стену и крышу под углом 20° в юго-западном направлении.

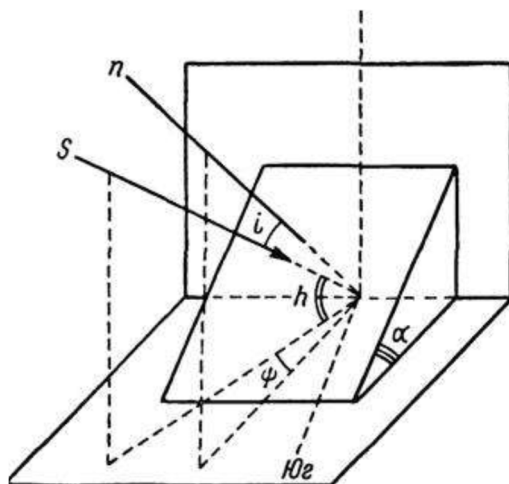


Рис. 4. Падение солнечного луча S на произвольно наклоненную поверхность

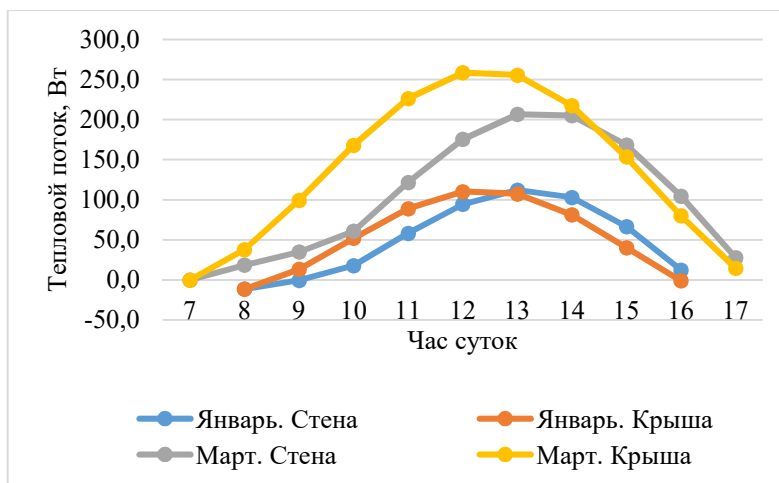


Рис. 5. График суммарного потока радиации на 1 м² теплицы по часам суток январь и март на стену и крышу под углом 20° в юго-западном направлении

Задача расчета теплового потока в теплицу зависит от множества факторов: аккумулирующей способности ограждающих конструкций и поверхностей, температурного режима работы теплового насоса, теплоступлений от солнечной радиации в светлое время суток, теплоступлений через стену дома от отапливаемых помещений, теплопотерь через светопрозрачные ограждения, распределения воздушных потоков внутри теплицы. Для упрощения задачи на данном этапе исследований, для зимних месяцев (декабрь, январь, февраль) температура внутри теплицы принята 0 °С для ноября, марта, апреля +5 °С, и тепловой поток через 1 м² светопрозрачных ограждающих конструкций рассчитан упрощенно, как суточная сумма теплоступлений для каждого часа суток, Вт/м²:

$$Q = \epsilon_{\text{свет}} \cdot i_p \cdot \epsilon_{\text{загр}} + \frac{1}{R} \cdot (t_o - t_{\text{вн}}), \quad (2)$$

где i_p – количество суммарной солнечной радиации, падающей на 1 м² произвольно наклоненной ограждающей конструкции в расчетный час суток, Вт/м²; $\epsilon_{\text{свет}}$ – светопроницаемость светопрозрачной ограждающей конструкции (принята 76 % для поликарбоната и 56 % для энергосберегающего стеклопакета); $\epsilon_{\text{загр}}$ – коэффициент, учитывающий степень загрязнения светопрозрачной конструкции, принят 0,9; R – сопротивление теплопередаче, м²·°С/Вт; t_o – средняя температура наружного воздуха в расчетный месяц; $t_{\text{вн}}$ – среднесуточная температура внутреннего воздуха в теплице: в зимний период – 0 °С, в межсезонье – 5 °С.

На рисунке 6 приведены результаты расчета теплового потока через 1 м² крыши теплицы.

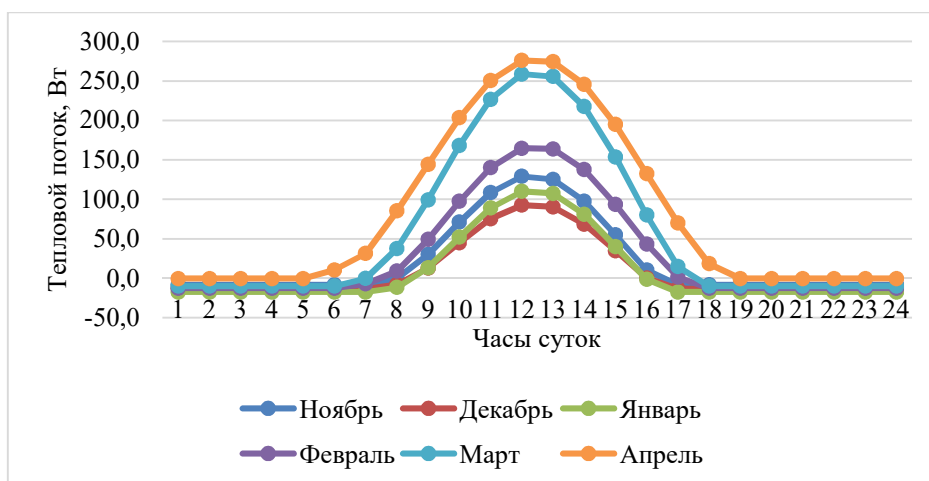


Рис. 6. График теплового потока через 1 м² крыши теплицы с ноября по апрель по часам в течение суток на наклонную поверхность в юго-западном направлении

Результаты расчета по оценке эффективности использования теплоты солнечной радиации, поступающей в теплицу-пристройку, для ограждающих конструкций из поликарбоната и энергосберегающего стеклопакета приведены в таблице 3.

дающих конструкций из поликарбоната и энергосберегающего стеклопакета приведены в таблице 3.

Таблица 3

Оценка эффективности использования теплоты солнечной радиации

Параметр	Месяц					
	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель
Средняя температура за месяц, °С	-0,9	-9,5	-12,6	-9,1	-2,1	4,8
Теплопотери удельные без рекуперации, Вт	2334	3675	4158	3612	2529	1427
Теплопотери удельные с рекуперацией, Вт	1087	1996	2324	1954	1221	466
Теплопотери без рекуперации в сутки, Вт·сут	56016	88193	99792	86696	60688	34257
Теплопотери с рекуперацией в сутки, Вт·сут	26085	47915	55784	46900	29314	11184
Для поликарбоната						
Суммарные теплопоступления в теплицу, Вт·сут	23332	8909	8048	31473	58545	87001
Обеспечение отопления без применения рекуперации	42 %	10 %	8 %	36 %	96 %	254 %
Обеспечение отопления с применением рекуперации	89 %	19 %	14 %	67 %	200 %	778 %
Для энергосберегающего стеклопакета						
Суммарные теплопоступления в теплицу, Вт·сут	29433	18614	20903	40635	64931	87037
Обеспечение отопления без применения рекуперации, %	53 %	21 %	21 %	47 %	107 %	254 %
Обеспечение отопления с применением рекуперации, %	113 %	39 %	37 %	87 %	222 %	778 %

Выводы. Проанализирована возможность использования теплоты солнечной радиации, поступающей в пристройку-теплицу, для частного жилого дома в холодный период года. В месяц с самой низкой температурой – январь, при отсутствии рекуперации теплоты вентиляционного воздуха теплопоступления в теплицу составляют 14 % (стеклопакет) или 8 % (поликарбонат) от суточной потребности в теплоте для отопления дома, при использовании рекуперации – 37 % (стеклопакет) или 21 % (поликарбонат). Для марта и апреля теплопоступления от солнечной радиации полностью обеспечивают нужды отопления и имеющиеся излишки могут быть использованы для нагрева воды для ГВС. При использовании энергосберегающего стеклопакета и рекуперации теплоты теплопоступления в теплицу также обеспечивают нужды отопления в ноябре месяце. Использование рекуперации теплоты вытяжного воздуха существенно снижает нагрузку на отопление. С ноября по февраль потребность в теплоте может быть лишь частично удовлетворена солнечной энергией и требуется основной источник теплоты – котел.

Таким образом, использование энергосберегающего стеклопакета для накопления солнечной энергии более эффективно, однако стоимость одного квадратного метра энергосберегающего стеклопакета в среднем составляет около 6400 р., а два слоя прозрачного сотового поликарбоната толщиной 16 мм обойдутся примерно

в 2000 р. за кв. м., что существенно скажется на экономических показателях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Hussain J., Khan A., Zhou K. The impact of natural resource depletion on energy use and CO₂ emission in Belt & Road Initiative countries: A cross-country analysis // *Energy*. 2020. Vol. 199. 117409
- Фрид С.Е., Мордынский А.В., Арсатов А.В. Солнечные водонагреватели аккумуляторного типа // *Теплоэнергетика*. 2012. Том 59. № 11. С. 874–880. doi: 10.1016/j.energy.2020.117409.
- Attia S. Evolution of Definitions and Approaches // *Net Zero Energy Buildings (NZEB)*. Butterworth-Heinemann, 2018. 400 p.
- Ламмаер Ф. Типовые проекты: энергосберегающие и пассивные дома. *Pro Passivhaus*, 2017. 42 с.
- Лисина О.В. Оценка потенциала инновационной концепции энергоэффективного экодевелопмента: новинки инженерного оборудования и технологии проектирования // *Управление устойчивым развитием*. 2016. № 2. С. 66–72.
- Towler F.B. *The Future of Energy*. Academic press, Queensland, 2014. 376 p.
- Пат. 171 845, Российская Федерация, МПК А01G 9/24, F24J 2/52. Система солнечного теплоснабжения / А. В. Бастрон; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение выс-

шего профессионального образования "Красноярский государственный аграрный университет". № 2014144390, заявл. 31.10.2014; опубл. 19.06.2017, Бюл. № 17.

8. Пат. 2 740 437, Российская Федерация, МПК H01L 31/02, H01L 31/054. Концентраторная солнечная энергетическая установка / Андреев В.М., Андреева А.В., Давидюк Н.Ю., Садчиков Н.А., Чекалин А.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук. № 2020115244, заявл. 28.04.2020; опубл. 14.01.2021, Бюл. № 2.

9. Пат. 110823, Российская Федерация, МПК F24D 3/12. Устройство для обогрева загородного дома с пристенной теплицей / Долгополов В.Д., Рыбьякова М.В., Финаев А.В.; заявитель и патентообладатель Долгополов В.Д. № 2011131222/12. заявл. 26.07.2011; опубл. 27.11.2011, Бюл. № 33.

10. Пат. 2 606 891, Российская Федерация, МПК E04H1/00, F24D 5/10, E04B 1/76. Энергоэффективное отапливаемое здание с теплицей / Ризванов С.Ф.; заявитель и патентообладатель

Ризванов С.Ф. № 2015122787, заявл. 15.06.2015; опубл. 10.01.2017, Бюл. № 1.

11. Чуйков Д. А. Система энергосбережения путем рекуперации уходящего тепла // Научные исследования молодых учёных. Сборник статей XVI Международной научно-практической конференции. Пенза, 2022. С. 63–66.

12. Lazzarin R. Heat pumps and solar energy: A review with some insights in the future // International Journal of Refrigeration. 2020. Vol. 116. Pp. 146–160. doi: 10.1016/j.ijrefrig.2020.03.031.

13. Mears D.R. Solar Heated Home Using an Attached Greenhouse and a Woodburning Stove. NAR ASAE Meeting. New jersey, 2004. 11 p.

14. Ma P.J., Lizarraga S., Picallo-Perez A. Exergy Analysis and Thermoeconomics of Buildings. Butterworth Heinemann, 2020. 1069 p.

15. Кондратьев К.Я. Актинометрия. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1965, 693 с.

16. Назаров Б.И., Салиев М.А., Махмудов А.Н., Абдуллаев С.Ф. Расчёт потока суммарной радиации на наклонную плоскость солнечных приёмников в условиях аэрозольного Загрязнения атмосферы // Доклады академии наук республики Таджикистан. 2015. Том 58. №12. 8 с.

Информация об авторах

Тарасова Елена Владимировна, кандидат технических наук, доцент департамента энергетических систем. E-mail: tarasova.ev@dvfu.ru. Дальневосточный Федеральный университет. Россия, 690922, Владивосток, о. Русский, п. Аякс, д. 10, корп. С, каб. 708.

Коротынская Вероника Сергеевна, студентка второго курса магистратуры, обучающаяся по направлению Строительство. Теплогазоснабжение и вентиляция. E-mail: korotynskaia.vs@students.dvfu.ru. Дальневосточный Федеральный университет. Россия, 690922, Владивосток, о. Русский, п. Аякс, д. 10, корп. 7.1, комната 440.

Поступила 18.04.2022 г.

© Тарасова Е.В., Коротынская В.С., 2022

**Tarasova E.V., Korotynskaya V.S.*

Far Eastern Federal University

**E-mail: korotynskaia.vs@students.dvfu.ru*

ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF SOLAR HEAT SUPPLY USING AN AIR SOURCE HEAT PUMP

Abstract. Solar energy is one of the sources of renewable energy. However, during the cold season in Russia, the use of solar energy is difficult due to low outdoor air temperatures. The purpose of this article is to analyze the possibility of energy saving when using solar energy for the heating system of an individual residential building in Vladivostok. The latitude of the city is 43 °, but the estimated temperature for the design of heating is -22 ° C. This greatly complicates the use of solar heat. The possibility of accumulation of low-potential heat in a specially equipped outhouse (greenhouse) for conversion by a thermal air-water pump is analyzed in order to use it for heating needs in the future. Two constructions are considered as the finishing material of the extension: a two-layer polycarbonate with an air layer and an energy-saving double-glazed window. The calculation shows that in the coldest month is January, the potential of solar thermal energy is 14 %–37 % of the required heat demand, depending on the material used in the construction of the extension. In March and April, excess heat is generated. It can be used for hot water supply needs. Thus, for an individual residential building, the use of solar heat accumulated in a greenhouse extension is relevant as an additional source of heat for the heating system.

Keywords: energy efficient house, energy saving, solar radiation, passive house, heating.

REFERENCES

1. Hussain J., Khan A., Zhou K. The impact of natural resource depletion on energy use and CO₂ emission in Belt & Road Initiative countries: A cross-country analysis. *Energy*. 2020. Vol. 199. 117409
2. Frid S.E., Mordynskii A.V., Arsatov A.V. Integrated solar water heaters [Colnechnye vodonagrevateli akkumulyacionnogo tipa]. *Thermal engineering*. 2012. Vol. 59. No 11. Pp. 874–880. doi: 10.1016/j.energy.2020.117409. (rus)
3. Attia S. Evolution of Definitions and Approaches. *Net Zero Energy Buildings (NZEB)*. Imprint: Butterworth-Heinemann, 2018. 400 p.
4. Lammaier F. Typical projects: energy-saving and passive houses [Tipovye proekty: energosberegayushchie i passivnye doma]. *Pro Passivhaus*, 2017. 42 p. (rus)
5. Lisina O.V. Assessment of the potential of the innovative concept of energy-efficient eco-development: new items of engineering equipment and design technologies [Ocenka potenciala innovacionnoj koncepcii energoeffektivnogo ekodevelopmenta: novinki inzhenernogo oborudovaniya i tekhnologii proektirovaniya]. *Management of sustainable development*. 2016. No. 2. Pp. 66–72. (rus)
6. Towler F.B. *The Future of Energy*. Queensland, 2014. 376 p.
7. Bastron A.V. Solar heat supply system. Patent RF, no 2014144390, 2017.
8. Andreev V.M., Andreeva A.V., Davidyuk N.Yu., Sadchikov N.A., Chekalin A.V. Concentrator solar power plant. Patent RF, no 2020115244, 2021.
9. Dolgoplov V.D., Rybyakova M.V., Finaev A.V. Device for heating a country house with an attached greenhouse. Patent RF, no 2011131222/12, 2011.
10. Rizvanov S.F. Energy-efficient heated building with a greenhouse. Patent RF, no 2015122787, 2017.
11. Chuikov D.A. Energy saving system by recuperating outgoing heat [Sistema energosberezheniya putem rekuperacii uhodyashchego tepla]. *Scientific research of young scientists. Collection of articles of the XVI International Scientific and Practical Conference*. Penza, 2022. Pp. 63–66. (rus)
12. Lazzarin R. Heat pumps and solar energy: A review with some insights in the future. *International Journal of Refrigeration*. 2020. Vol. 116. Pp. 146–160. doi: 10.1016/j.ijrefrig.2020.03.031.
13. Mears D.R. Solar Heated Home Using an Attached Greenhouse and a Woodburning Stove. *NAR ASAE Meeting*. New jersey, 2004. 11 p.
14. Ma P.J., Lizarraga S., Picallo-Perez A. *Exergy Analysis and Thermoeconomics of Buildings*. Butterworth Heinemann, 2020. 1069 p.
15. Kondratiev K.Y. *Actinometry [Aktinometriya]*. L.: Hydrometeorological Publishing House, 1965, 693 p. (rus)
16. Nazarov B.I., Saliev M.A., Makhmudov A.N., Abdullaev S.F. Calculation of the total radiation flux on the inclined plane of solar receivers under conditions of aerosol pollution of the atmosphere [Raschyot potoka summarnoj radiacii na naklonnuyu ploskost' solnechnyh priyomnikov v usloviyah aerol'nogo Zagryazneniya atmosfery]. *Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan* 2015. Vol. 58. No. 12. 8 p. (rus)

Information about the authors

Tarasova, Elena V. PhD, Associate Professor of the Department of Energy Systems. E-mail: tarasova.ev@dvfu.ru. Far Eastern Federal University. Russia, 690922, Vladivostok, Russkiy island, Ajax village, 10, building C, auditorium 708.

Korotynskaya, Veronika S. Graduate master student. E-mail: korotynskaia.vs@students.dvfu.ru. Far Eastern Federal University. Russia, 690922, Vladivostok, Russkiy island, Ajax village, 10, building 7.1, room 440.

Received 18.04.2022

Для цитирования:

Тарасова Е.В., Коротынская В.С. Оценка возможности солнечного теплоснабжения с использованием воздушного теплового насоса // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 10. С. 41–48. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-10-41-48

For citation:

Tarasova E.V., Korotynskaya V.S. Assessment of the possibility of solar heat supply using an air source heat pump. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2022. No. 10. Pp. 41–48. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-10-41-48