

УДК 662.997
DOI: 10.36979/1694-500X-2024-24-8-106-111

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛОГО ДОМА

М.К. Торопов

Аннотация. Приведены результаты оценочных расчетов потерь тепловой энергии индивидуальными жилыми домами разного класса энергоэффективности по месяцам отопительного периода. Для отопительного периода приведены данные по поступлению солнечной радиации на наклонную поверхность по месяцам, при оптимальном угле наклона поверхности для декабря. Составлен баланс энергии и сделаны выводы о технической возможности и целесообразности использования солнечной энергии для отопления индивидуальных жилых домов с использованием солнечных коллекторов и фотоэлектрических преобразователей. Сделан вывод о технической нецелесообразности использования солнечной энергии для полного покрытия потребности в отоплении при классе энергоэффективности здания С и ниже. При классе энергоэффективности А технически возможно обеспечить отопление помещений только за счет солнечной энергии, как путем использования солнечных коллекторов, так и фотоэлектрических преобразователей.

Ключевые слова: тепловые потери; солнечная радиация; энергия Солнца; отопление; класс энергоэффективности; баланс.

ЖЕКЕ ТУРАК ҮЙДҮ ЖЫЛЫТУУ ҮЧҮН КҮН ЭНЕРГИЯСЫН КОЛДОНУУ МҮМКҮНЧҮЛҮГҮН ТАЛДОО

М.К. Торопов

Аннотация. Жылытуу мезгилинин айлары боюнча энергияны үнөмдөөчү ар кандай класстагы жеке турак жайлардын жылуулук энергиясынын жоготууларын баалоо боюнча эсептөөлөрдүн натыйжалары келтирилген. Жылытуу мезгили үчүн күн радиациясынын жантайыңкы бетке айлар боюнча, декабрь айына оптималдуу беттик жантаюу бурчу менен келиши боюнча маалыматтар берилет. Энергия балансы түзүлүп, күн коллекторлорун жана фотоэлектрдик өзгөрткүчтөрдү колдонуу менен жеке турак жайларды жылытуу үчүн күн энергиясын пайдалануунун техникалык мүмкүндүгү жана максатка ылайыктуулугу жөнүндө корутундулар чыгарылды. С классындагы жана андан төмөн имараттын энергияны үнөмдөө классында жылуулук муктаждыктарын толук канааттандыруу үчүн күн энергиясын пайдалануу техникалык жактан максатка ылайыктуу эмес деген тыянак чыгарылды. Энергияны үнөмдөө А классында күн коллекторлорун жана фотоэлектрдик өзгөрткүчтөрдү колдонуу аркылуу гана күн энергиясын пайдалануу менен жайларды жылытууга техникалык жактан мүмкүн.

Түйүндүү сөздөр: жылуулук жоготуулар; күн радиациясы; күн энергиясы; жылытуу; энергия эффективдүүлүк классы; баланс.

ANALYSING THE POSSIBILITY OF USING SOLAR ENERGY FOR HEATING AN INDIVIDUAL RESIDENTIAL HOUSE

М.К. Toropov

Abstract. The article presents the results of estimated calculations of heat losses of individual residential buildings of different energy efficiency classes by months of the heating period. For the heating period the data on solar radiation input on the inclined surface by months, at the optimal angle of inclination of the surface for December are given. On the basis of the obtained data the balance of energy is made and conclusions are made about technical possibility and expediency of using solar energy for heating of individual residential houses with the use of solar collectors and photovoltaics. It is concluded that it is not technically feasible to use solar energy to fully cover the heating demand

when the energy efficiency class of the building is C and below. In the buildings of energy efficiency class A, it is technically possible to provide space heating only from solar energy, both by using solar collectors and photovoltaics.

Keywords: heat losses; solar radiation; solar energy; heating; energy efficiency class; balance.

Часто возникает вопрос: а можно ли отопить мой дом солнечной энергией? С одной стороны, ответ однозначный – да, технически это возможно. Все больше подтверждений тому можно найти в разного рода публикациях, появляются все новые и новые примеры домов с нулевым потреблением, пять примеров таких домов, расположенных в США описаны в [1], в Великобритании и Скандинавии в [2]. И таких примеров множество по всему миру, в том числе, расположенных в более северных широтах, чем Кыргызстан. Этим фактом часто провоцируется вопрос: значит, можно и у нас? Ответ: чисто технически – это возможно! Но насколько проект будет экономически оправдан? Каких инвестиций потребует? Универсального ответа на этот вопрос не существует, так как на показатели проекта теплоснабжения солнечной энергией оказывает влияние множество факторов, основные из которых – качество теплоизоляции здания и район его расположения. От точки расположения здания зависит температура окружающего воздуха и приход солнечной радиации. Подобные вопросы поднимаются и описываются многими авторами, как у нас в стране, так и за рубежом на протяжении многих лет. Например, в [3] авторы описывают опыт внедрения солнечных водонагревательных систем в многоквартирных домах Дагестана, упомянут также частный многоквартирный жилой дом, но не приведены результаты эксплуатации системы. В [4] выполнено описание различного рода солнечных систем, в том числе водонагревательных и систем кондиционирования для условий Республики Таджикистан. Однако в приведенных статьях нет информации о том, какую долю потребности на отопление и какими техническими средствами можно заместить солнечной энергией.

Цель данной статьи – дать обоснованное объяснение о целесообразности использования солнечной энергии для отопления в условиях Кыргызской Республики. То есть позволить читателю проводить самостоятельную оценку возможности и целесообразности использования солнечной энергии.

Несмотря на относительно небольшую площадь Кыргызской Республики, ее территория существенно неоднородна как по приходу солнечной радиации, так и по климату, а значит и по средней температуре отопительного периода и его продолжительности. В силу неопределенности и взаимного влияния друг на друга большого количества факторов, проведение детального анализа для всей страны является довольно трудоемкой задачей, поэтому в статье в качестве рассматриваемой географической точки будет рассмотрен г. Бишкек. Данное расположение выбрано по нескольким причинам, с одной стороны, здесь проживает значительная часть населения – потенциальных пользователей, с другой стороны, Бишкек расположен в «средних» условиях климата и прихода солнечной радиации, т. е. результаты, полученные для Бишкека можно с поправками на климатические условия переносить на другие регионы республики. На рисунке 1 приведена карта солнечных ресурсов республики [5], где цветом показано количество солнечной энергии (суммарная солнечная радиация), поступающее на 1 м² горизонтальной поверхности за день и за год. Так, на рисунке видно, что годовая сумма, в зависимости от местности варьируется от 1168 до 1753 кВтч/м², для Бишкека эта величина составляет 1553 кВтч/м², таким образом видно, что по приходу солнечной радиации есть как более привлекательные области, так и менее.

Очевидно, для того чтобы ответить на вопрос – хватит ли солнечной энергии на отопление дома, необходимо составить баланс энергии, теряемой зданием в холодное время года и энергией, поступающей от Солнца. Выбрав географическую точку, мы определились с данными по климату, включая продолжительность отопительного периода его среднюю температуру и энергию, поступающую от Солнца. Очевидно, что этого недостаточно для составления баланса, т. к. тепловые потери зданием зависят не только от климатических условий, но и от характеристик самого здания (размеров, материала ограждающих конструкций, наличия и характеристик тепловой изоляции). Понятно, что здесь возможно огромное количество вариантов и их сочетаний, при этом тепловые потери будут отличаться

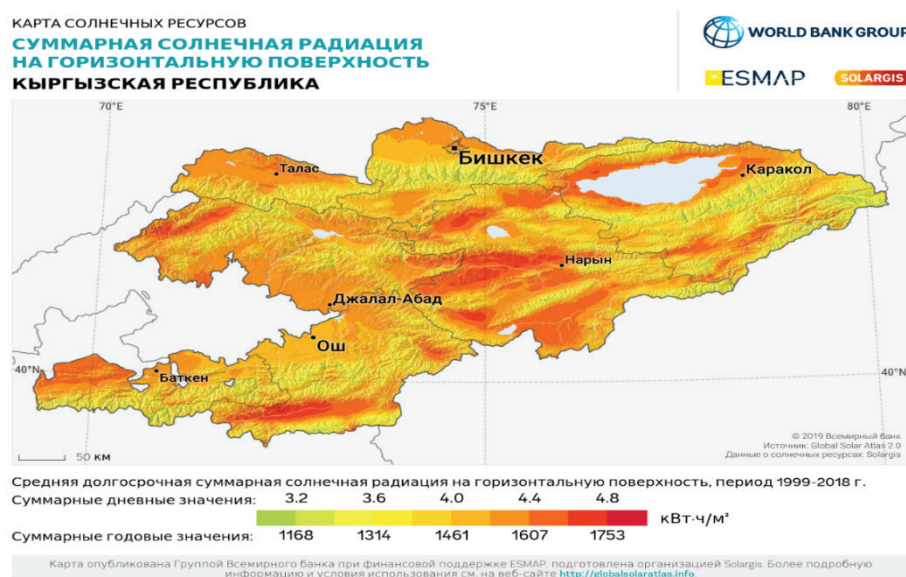


Рисунок 1 – Карта солнечных ресурсов

в разы. Было решено рассмотреть два варианта – частный многоквартирный жилой дом с хорошим утеплением и многоквартирный жилой дом без утепления. В республике с 2012 года действует «Положение о порядке проведения энергетической сертификации зданий» [6], где введены классы энергетической эффективности зданий. В качестве здания с хорошей теплоизоляцией примем здание класса А, а без утепления – здание класса С. Обычно классу С соответствуют качественные постройки из самана или кирпича с толстыми стенами, хорошими окнами и дверьми, с перекрытием, утепленным традиционным образом (керамзитом, шлаком или соломой с саманением). Бишкек относится к климатическому району II. Для него тепловые потери (по поставляемой энергии на отопление) жилым многоквартирным зданием составляют для класса А до 41 кВтч/м², для класса С – от 82 до 212 кВтч/м² в год или за отопительный период, т. е. это удельная затрачиваемая энергия на отопление за отопительный период на один квадратный метр площади пола помещения. Приход солнечной радиации также обычно измеряется на квадратный метр поверхности. Поэтому анализ был выполнен именно в привязке к единичной площади поверхности – одному квадратному метру.

Уточним, что для выполнения расчетов были приняты значения энергии, необходимые для отопления здания 41 кВтч/м² для класса А и 190 кВтч/м² – для класса С. Одна из сложностей расчета состоит в неравномерности поступления солнечной радиации и тепловых потерь зданием в течение отопительного периода, при этом эти величины находятся в противофазе – чем меньше поступление солнечной радиации – тем больше потребность в отоплении и наоборот. График изменения средней температуры внешнего воздуха и прихода суммарной солнечной радиации для наклонной поверхности за год приведен на рисунке 2. Значения прихода солнечной радиации рассчитаны для максимального поступления радиации в зимнее время (угол наклона поверхности к горизонту 65°) по значениям базы данных NASA, значения средних температур воздуха взяты из [6].

На графике наглядно видно, что приход солнечной радиации минимален в декабре-феврале, когда потребность в отоплении максимальна. Очевидно, что количество тепла, необходимое для отопления здания, пропорционально разнице температур воздуха внутри и снаружи помещения. С учетом этого пересчитаем известное количество тепла, необходимое для отопления за отопительный период на расход по месяцам, исходя из значений средних температур наружного воздуха и классов энергоэффективности здания. Результаты расчетов поместим в таблицу 1 (колонки 5 и 6).

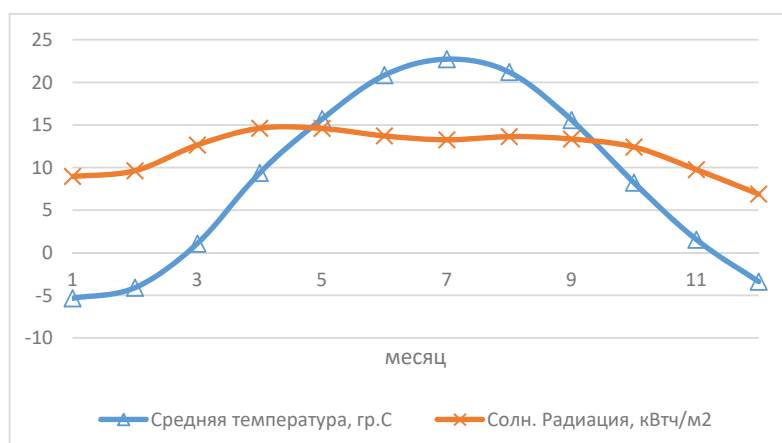


Рисунок 2 – Изменение средней температуры воздуха и прихода солнечной радиации во времени для г. Бишкек

Таблица 1 – Удельные показатели тепловых потерь зданием и поступления солнечной энергии

| Месяц | Средн. темп-ра наружно-го воздуха | Темп-ра в помеще-нии | Раз-ность темп-р | Теплопотери зданием | | Посту-пление солнеч-ной ради-ации | Необходимая площадь преобразова-телей при КПД | | | |
|---------|-----------------------------------|----------------------|------------------|---------------------|-------------|-----------------------------------|---|------------------|--------------|------------------|
| | | | | Класс А | Класс С | | Класс А | | Класс С | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| | °С | °С | °С | кВтч/м²/мес | кВтч/м²/мес | кВтч/мес | 75% (СК), м²/м² | 20% (ФЭП), м²/м² | 75% (СК), м² | 20% (ФЭП), м²/м² |
| Ноябрь | 3,9 | 20 | 16,1 | 6,67 | 30,90 | 97,74 | 0,09 | 0,34 | 0,42 | 1,58 |
| Декабрь | -1,1 | 20 | 21,1 | 8,74 | 40,49 | 68,96 | 0,17 | 0,63 | 0,78 | 2,94 |
| Январь | -3,8 | 20 | 23,8 | 9,85 | 45,68 | 89,66 | 0,15 | 0,55 | 0,68 | 2,55 |
| Февраль | -2,5 | 20 | 22,5 | 9,32 | 43,18 | 96,41 | 0,13 | 0,48 | 0,60 | 2,24 |
| Март | 4,5 | 20 | 15,5 | 6,42 | 29,75 | 126,56 | 0,07 | 0,25 | 0,31 | 1,18 |
| Итого | | | | 40,99 | 190,00 | | | | | |

В ту же таблицу поместим значения солнечной радиации, поступающей на наклонную поверхность за каждый месяц отопительного периода (колонка 7). Угол наклона поверхности принят 65, ориентация поверхности южная, такое положение поверхности обеспечивает максимальное поступление солнечной энергии в зимние месяцы.

Сравнивая значения теряемой зданием энергии (колонка 5 или 6 в зависимости от класса энергоэффективности) со значением поступающей солнечной энергии (колонка 7), можно сделать вывод, что тепловые потери здания может компенсировать приход солнечной радиации, и если для компенсации потерь здания класса А на каждый квадратный метр пола здания достаточно примерно 0,1 м² площади гелиоприемника, то для класса С на каждый квадратный метр площади пола должна приходиться площадь гелиоприемника порядка 0,5 м² в январе и феврале.

Для наглядности потери тепла и поступление солнечной радиации представлены в виде графика на рисунке 3. На рисунке наглядно видна неравномерность поступления солнечной радиации

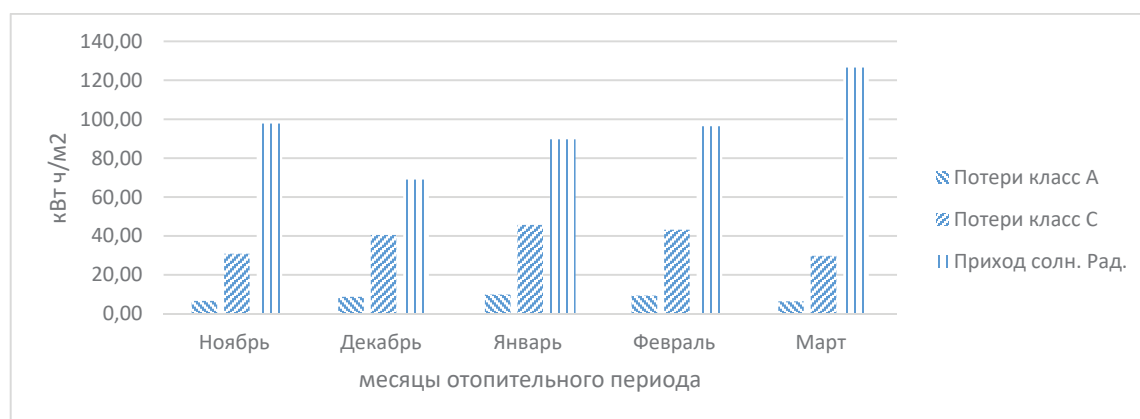


Рисунок 3 – Потери тепла зданием и приход солнечной радиации

и тепловых потерь по месяцам отопительного периода, о которой шла речь выше. Указанная неравномерность составляет одну из сложностей проектирования и использования солнечных систем, которая состоит в дилемме назначения площади (мощности) системы. Выбирая по наихудшим условиям, когда потери максимальны, приход минимален (декабрь-февраль), появляется возможность покрыть потребности в отоплении за счет энергии Солнца, нужно понимать, что в остальные месяцы сезона и года система будет недоиспользоваться, а возможно перегреваться. Это ухудшает показатели надежности, особенно экономические показатели. Кроме того, выбрав мощность солнечной установки по максимальному потреблению, возникает проблема утилизации избыточного тепла в периоды небольшой нагрузки на отопительную систему и в летний период. В силу перечисленных факторов для реальных проектов обычно не рекомендуется проектировать систему с полным покрытием потребности в отоплении за счет солнечной энергии, а покрывать лишь долю потребности до 50–55 %.

В качестве вариантов использования преобразователей солнечной энергии были рассмотрены две технологии – обобщенная система на основе солнечного коллектора (СК) со средним КПД системы 75 % и система на основе фотоэлектрического преобразователя (ФЭП) с принятым КПД системы 20 %. КПД реальной системы с солнечным коллектором может отличаться в меньшую сторону, так как в значительной степени зависит от типа солнечного коллектора, способа прокладки и утепления трубопроводов, места установки и качества теплоизоляции бака-аккумулятора и температуры окружающего воздуха. Следует отметить, что использование фотоэлектрических преобразователей для получения тепловой энергии (приготовление горячей воды или отопление) до последнего времени считалось нецелесообразным, однако сейчас можно найти на рынке уже готовые решения для получения горячей воды с использованием ФЭП. Одним из существенных недостатков ФЭП является низкий КПД, за счет чего требуется большая площадь для получения той же мощности, что и от солнечных коллекторов. На сегодняшний день стоимость ФЭП и солнечных коллекторов сопоставима, однако в эксплуатации солнечные системы на базе ФЭП значительно более удобны и надежны.

В колонках 8–11 таблицы 1 приведены значения площадей гелиоприемников солнечных систем двух описанных типов. Так, для системы с коллектором необходима площадь до 0,17 м² для здания класса А, и почти 0,8 м² – для класса С на каждый квадратный метр площади пола, при использовании ФЭП площадь увеличится почти в 4 раза. Следует иметь в виду, что данная площадь достаточна для составленного баланса (для полного покрытия потребности в отоплении), однако он не учитывает неравномерности поступления солнечной радиации в пределах месяца (наличие пасмурных дней) и суток (поступление солнечной энергии в дневное время с максимумом в полдень), поэтому для надежного покрытия потребностей в отоплении за счет солнечной энергии необходимо устройство теплового аккумулятора значительной емкости, это потребует дополнительного места и средств.

Для обобщения результатов и большей наглядности рассмотрим полученные результаты на примере – возьмем дом с площадью пола 100 м² в городе Бишкек. Для такого дома при классе энергоэффективности А для полного покрытия потребности в отоплении потребуется площадь коллекторов 17 м² или фотоэлектрических преобразователей 63 м². Для класса С 78 и 294 м², соответственно. Даже 78 м² весьма большая площадь коллекторов для дома площадью 100 м², далеко не любая конструкция кровли позволит разместить такую площадь коллекторов, фотоэлектрические преобразователи просто не поместятся на кровле, так как их площадь в три раза превышает площадь помещения. Поэтому вывод напрашивается банальный: прежде чем внедрять возобновляемые источники энергии, необходимо максимально повысить энергоэффективность объекта. Так для энергоэффективного помещения класса А площадь гелиоприемников имеет разумную величину, такую площадь можно разместить на кровле, однако, если говорить о ФЭП, то в этом случае потребуется площадь более половины площади пола – размещение такого количества преобразователей уже проблематично, даже на кровле энергоэффективного здания.

Приведенные здесь результаты можно использовать для выполнения оценочных расчетов выработки тепловой энергии с использованием солнечной энергии самостоятельно. Это дает возможность определить долю замещения энергии, необходимой для отопления солнечной энергией в зависимости от фактического количества энергии, затрачиваемой на отопление, выбранной технологии преобразования солнечной энергии в тепловую и площади устанавливаемых преобразователей (солнечных коллекторов или ФЭП). В результате можно принять решение о целесообразности внедрения данной технологии у себя дома.

Поступила: 25.06.24; рецензирована: 09.07.24; принята: 11.07.24.

Литература

1. 5 Net Zero Energy Homes That Will Inspire. URL: <https://www.foxblocks.com/blog/5-net-zero-energy-homes-will-inspire> (дата обращения: 20.05.24).
2. 5 Net Zero Building Examples (and How They Got There). URL: <https://www.infogrid.io/blog/5-net-zero-building-examples-and-how-they-got-there> (дата обращения: 20.05.24).
3. *Дибирова М.М.* Об экономической целесообразности применения солнечных водонагревательных установок в республике Дагестан / М.М. Дибирова, Н.А. Амадиева, М.Г. Дибиров // Региональные проблемы преобразования экономики. 2018. № 10. С. 156–163.
4. *Усмонов Ш.З.* Применение солнечной энергии для отопления и охлаждения здания в условиях Центральной Азии // Вестник МГСУ. 2014. № 4. С. 142–149.
5. Global Solar Atlas. URL: <https://globalsolaratlas.info> (дата обращения: 05.06.2024).
6. Положение о порядке проведения энергетической сертификации зданий (Утверждено постановлением Правительства КР от 2 августа 2012 года № 531). URL: <https://cbd.minjust.gov.kg/93706/edition/405723/ru> (дата обращения: 07.06.2024).