

ЭНЕРГЕТИКАЭНЕРГЕТИКАENERGETICS*Насирдинова С.М., Акжолбеков У.Т.***ЭНЕРГИЯНЫ ҮНӨМДӨӨ МАТЕРИАЛДАРЫН КОЛДОНУУ
МЕНЕН ИМАРАТТЫ КҮНДҮН ЭНЕРГИЯСЫН ПАЙДАЛАНЫП
ЖЫЛЫТУУНУН МҮМКҮНЧҮЛҮКТӨРҮ***Насирдинова С.М., Акжолбеков У.Т.***ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ
ЭНЕРГИИ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ***S.M. Nasirdinova, U.T. Akzholbekov***THE POSSIBILITY OF USING SOLAR ENERGY FOR HEATING
BUILDINGS USING ENERGY EFFICIENT MATERIALS**

УДК: 502.174.3:697.133

Бул макалада жылуулук жоготуулардын ордун жабуу үчүн, кыш мезгилинде имараттын жылуулук жоготуу өзгөчөлүктөрүн эске алуу менен сезондук сактагычын колдонуу аркылуу күн энергиясын пайдалануунун маселелери каралган. Дүйнөдөгү жана Кыргызстандагы энергетиканын абалы, жылытуу үчүн күндүн энергиясын пайдалануу, борбордук жылытуу кызматынан пайдалануу, көмүр менен иштеген буу казан орнотмолорун пайдалануу, үйлөрдөгү жылуулукту жоготуу маселесинин эсептөө ыкмасынан көз карандылыгы сыяктуу негизги көйгөйлөр чагылдырылган. Үйдүн жылуулук жоготуусун айлана чөйрөдөгү температурасын эске алуу менен жана жылуулук материалдардын түрлөрүн, анын калыңдыгын эске алуу менен эсептөө ыкмасы аныкталган, компьютерде программа түзүлгөн. Ошондой эле бак аккумулятордун кубаттоо жана бошотуу программасы иштелип чыккан. Бак аккумуляторду эсептөөдө дагы тышкы климаттык жагдай, жылуулук материалдардын түрү жана калыңдыгы эске алынган. Кыргыз Республикасындагы имараттарды жылуулуктоодо сезондук бак аккумуляторду пайдалануунун келечектүүлүгү жана эффективдүүлүгү негизделген.

Негизги сөздөр: күн энергиясы, күн нурлары, күчтүүлүк, имарат, эсептөө ыкмасы, изоляциялоо материалдары, таасир, жылуулук жоготуу, эсептөөнүн алгоритми, бак аккумулятор.

В настоящей статье представлены вопросы особенностей расчета тепловых потерь здания в отопительный период, покрытия тепловых потерь с учетом использования солнечной энергии с применением сезон-

ного бака аккумулятора. Отражены основные проблемы такие, как энергетика в мире и Кыргызстане, использование Солнечной энергии для теплоснабжения здания, использование услуг от центрального теплоснабжения, при использовании котельных установок и угольных печей, в зависимости тепловых потерь здания от методики расчета. Излагается методика расчета и программа тепловых потерь здания с учетом реального изменения температуры окружающей среды и выбора толщины, разновидностей теплоизоляционных материалов, а также методика расчета и программа разрядки, зарядки сезонного бака аккумулятора, с учетом внешних климатических факторов и выбора толщины, разновидностей теплоизоляционных материалов. Обосновывается перспективность и эффективность использования сезонных баков-аккумуляторов для отопления жилых домов в условиях Кыргызской Республики.

Ключевые слова: энергия солнца, интенсивность, солнечное излучение, методика расчета, тепловые потери, здания, изоляционный материал, влияние, алгоритм расчета, бак - аккумулятор.

This article presents the issues of specifics of calculating the heat losses of a building during the heating period, covering heat losses taking into account the use of solar energy using a seasonal battery tank. The main problems such as energy in the world and Kyrgyzstan, the use of solar energy for heating the building, the use of services from the central heat supply, using boilers and coal-fired furnaces, the dependence of the heat loss of the building on the calculation methodology are reflected. The method of calculation and the heat loss program of the building are described taking into account the real change in the ambient temperature and thickness selection, types of thermal insulation

materials, as well as the calculation method and program for discharging, charging a seasonal battery tank, taking into account external climatic factors and thickness selection, types of thermal insulation materials. The prospects and efficiency of the use of seasonal battery tanks for heating homes in the Kyrgyz Republic are substantiated.

Key words: solar energy, intensity, solar radiation, calculation method, heat loss, buildings, insulating material, influence, calculation algorithm, tank-battery

Введение. Современная энергетика для выработки энергии все еще активно использует в основном традиционные источники такие, как нефть, каменный уголь и другие. Чрезмерное потребление горючих ископаемых создала угрозу истощения их запасов. Практика подтверждает, что интенсивное потребление органического топлива обладает опасными последствиями, загрязняя окружающую среду и создавая угрозу всему живому на Земле. Эти серьезные обстоятельства приводят к необходимости освоения альтернативных источников энергии, одной из которых является солнечная Энергия.

Солнце в масштабе Вселенной – обыкновенная звезда, но для жителей Земли основа всех основ. Солнце обеспечивает Землю светом и теплом, формирует погоду, приводит в движение воздушные и океанские массы, земную поверхность и реки, вызывает круговорот веществ. Солнце, управляя всеми жизненными процессами, питает как растения, так и животных, осуществляет фотосинтез. Все виды органического топлива - уголь, газ, нефть, торф и другие – представляют собой концентрированную солнечную энергию в далеких экологических эпохах [1].

Энергия Солнца является самым большим запасом возобновляемой энергии. За год Земля получает около $3,9 \cdot 10^{24}$ Дж = $1,08 \cdot 10^{18}$ кВт*час солнечного излучения, это 10000 раз больше ежегодной потребности человечества в энергии и намного превосходит мировые запасы углеводородного и ядерного видов топлива [2].

Использование человечеством хотя бы одной десятитысячной части поступающей солнечной радиации позволило бы 100%-ное покрытие существующей потребности энергии за счет солнца [3].

Интенсивность солнечного излучения зависит от многих факторов, в том числе географического положения, времени года и суток, атмосферных и климатических условий. В низкогор-

ной зоне летом и осенью преобладает прямая радиация, зимой – рассеянная, в высокогорной зоне в течение года господствует прямая солнечная радиация. В зависимости от высоты местности возрастание солнечной радиации имеет место лишь в холодное время года: в период с июня по сентябрь ее месячные значения отличаются незначительно.

Величина суммарной солнечной радиации, состоящей из прямой и рассеянной, составляет в г. Бишкеке $92,8$ кВт/м² в год, а на высокогорной станции «Тянь-Шань» – $115,2$ кВт/м² [4].

Потенциал СЭ, включая другие виды ВИЭ в Кыргызстане огромен и составляет порядка 840 млн тонн условного топлива. Практически 10 месяцев в году сияет солнце. Реально используется лишь 0,17% от этого потенциала [5].

С учетом вышеизложенного в перспективе целесообразно рассматривать СЭ, как решения проблем компенсации нехватки энергии, энергоэффективности и охраны окружающей среды.

Актуальность настоящей статьи определяется ограниченностью запасов природных ископаемых, целесообразностью применения теплоизоляционных материалов для снижения тепловых потерь здания, недостаточностью изучения вопросов применения солнечной энергии для теплоснабжения зданий и несовершенства инженерных расчетов при проектировании зданий.

В настоящей статье рассматриваются вопросы особенностей расчета тепловых потерь здания в отопительный период с использованием солнечной энергии.

Целью работы является:

- Разработка методики расчета тепловых потерь здания с учетом изменения внешних факторов (t° окружающей среды и др.) в течении отопительного периода;
- Определение тепловых потерь здания и бака аккумулятора с учетом применения динамики изменения среднемесячной температуры воздуха;
- Изучение влияния теплофизических свойств, как ограждающих конструкций здания, так и теплоизоляционных материалов;
- Разработка метода расчета сезонного аккумулятора тепла;
- Определение рациональной площади поверхности солнечных коллекторов;

• Определение оптимальных параметров величины теплоизоляции для бака, подвала и дома.

Для осуществления этих целей был выбран типовой проект жилого дома, который имеет следующие характеристики: объем здания $V=262,63 \text{ м}^3$; расчетная высота этажа $h=2,895 \text{ м}$; расчетная площадь зданий $F=90,72 \text{ м}^2$ [6].

Для расчета теплопотери здания воспользуемся двумя подходами:

1) классическим методом, применяемым в проектных институтах, в соответствии со СНиП, где расчет теплопотери здания осуществляется при для холодной 5-дневки, при которой температура воздуха постоянна и равна $-19 \text{ }^\circ\text{C}$;

2) методом, предложенным в данной работе.

В предлагаемом методе расчет осуществляется следующим образом.

Тепловые потери здания определяли, как [6]:

$$Q = (t_1 - t_2) \cdot F \cdot K \cdot x \cdot y \quad (1)$$

где $F = a \cdot b$ – поверхность стены, окна, двери и пола и т.д.; a – ширина здания, $a \neq \text{const}$; b – высота здания, $b \neq \text{const}$ задаются; x – добавки на стороны света; y – коэффициент на две и более стен.

Коэффициент теплопередачи есть функция термического сопротивления:

$$K = \frac{1}{R_0} \quad (2)$$

Сопротивление теплопередачи – R_0 можем определить, как:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n R_{\lambda i} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (3)$$

где $R_{\lambda i} = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ – термическое сопротивление ограждающей конструкции i - го слоя.

В данном случае, поскольку температура внутри помещения постоянная, то коэффициент теплоотдачи α_1 является величиной постоянной тогда, как коэффициент теплоотдачи снаружи помещения α_2 есть функция некоторых параметров:

$$\alpha_2 = (Nu \times \lambda_i) / l \quad (4)$$

Число Нуссельта определяется по критериальному уравнению в зависимости от режима течения жидкости:

$$Nu = C(Gr \cdot Pr)^{0,25} (Pr_{ж} / Pr_{ст})^{0,25} \quad (5)$$

где $(Pr_{ж}/Pr_{ст})^{0,25}=1$ так, как для воздуха их отношение стремится к 1;

$Pr_{ст}$, $Pr_{ж}$ – критерий Прандтля соответственно для воздуха и стенки, выбирается из таблицы [7]. C – постоянное число, которое зависит от режима течения жидкости; Gr – критерий Грасгофа, который определяется по формуле:

$$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot (t_c - t_2) \cdot l^3}{\nu^2} \quad (6)$$

где g – скорость свободного падения, $\text{м}^2/\text{с}$; β – коэффициент объемного расширения, $\beta=1 / (1+273,15)$, $/1/\text{K}$; t_c – температура стенки, $^\circ\text{C}$; t_2 – температура воздуха, $^\circ\text{C}$; ν – коэффициент кинематической вязкости, который выбирается из таблицы [7].

Физические свойства воздуха по заданной температуре, которая изменяется в течении отопительного периода тоже определяются из этой же таблицы, т.е. $\lambda=f(t)$; $Pr=f(t)$. Критерий Грасгофа определяется предварительно задаваясь температурой наружной поверхности стенки t_c .

Значение коэффициента теплоотдачи α_2 и коэффициента теплопередачи K позволяет определить плотность теплового потока из уравнений:

$$q_a = K \cdot (t_1 - t_2) \quad (7)$$

$$q_b = \alpha_2 (t_c - t_2) \quad (8)$$

Теперь можем уточнить температуру стенки:

$$t_{c \text{ уточ}} = t_c + q_a \frac{1}{\alpha_2} \quad (9)$$

Данная процедура должна повторяться до тех пор, пока не выполняется условие равенства плотности теплового потока $q_a = q_b$ и условие равенства температуры наружной стенки $t_{c \text{ уточ}} = t_{ci} \pm 0,05^\circ\text{C}$. Данные условия обеспечивают достаточную точность расчетов при определении коэффициентов теплоотдачи α_2 и теплопередачи K . После достижения этих условий и получении окончательных значений α_2 и K определяем тепловые потери через заданную поверхность по уравнению (1). Тепловые потери определяются как сумма потерь через все наружные поверхности здания на основании вышеизложенной методики расчета.

Для предложенной методики расчета был разработан алгоритм, составлена блок схема. На

основе этой блок-схемы создана программа на Delfi и были исследованы изменения тепловых потерь здания в зависимости от теплофизических свойств изоляционного материала, его толщины.

На основе созданной программы были исследованы изменения тепловых потерь здания

в зависимости от теплофизических свойств изоляционного материала, его толщины. Сравнительный анализ тепловых потерь здания произведен при традиционной методике и предлагаемой нами методике расчета.

Результаты исследований представлены на рисунках 1 и 2.

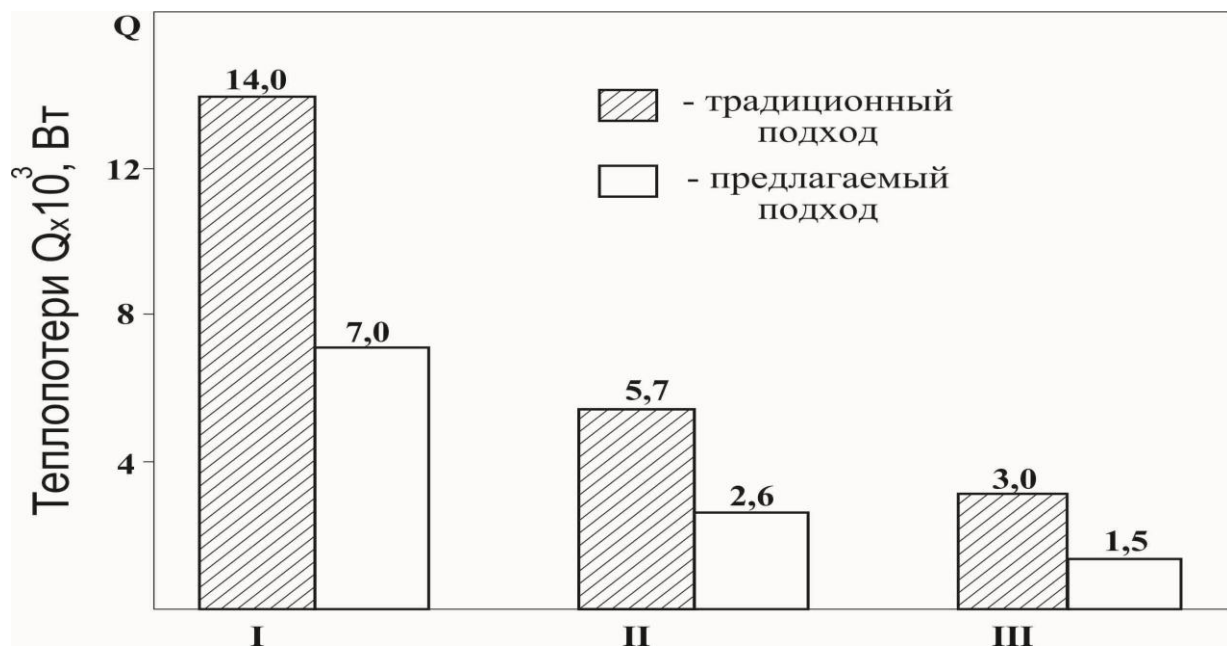


Рис. 1. Тепловые потери здания при $t = -19^\circ\text{C}$ (холодная пятидневка). **I** – без утеплителя; **II** – с применением утеплителя пенополиуритан с толщиной изоляции 0,005 м, с коэффициентом теплопроводности 0,041 Вт/м*К; **III** – с применением утеплителя изовер с толщиной изоляции 0,1 м, с коэффициентом теплопроводности 0,037 Вт/м *К.

Приведенные графики показывают, что существенное влияние на тепловые потери здания оказывает наличие теплоизоляционных материалов. Наблюдается, что при традиционном подходе величина тепловых потерь почти в два раза превышает, чем при расчетах с учетом среднемесячных температур окружающей среды (рис. 1). Отсюда следует, что традиционный расчет тепловых потерь зданий при холодной пятидневке ($t^\circ = -19^\circ\text{C}$) предусматривает завышенные параметры тепловой нагрузки. Сравнение применений различных теплоизоляционных материалов между

собой не столь сильно отличаются, что доказывает о важной роли теплоизоляции при снижении тепловых потерь.

На рисунке 2 можно наблюдать, что в отопительный период применение изоляционных материалов для утепления здания позволяет существенно снизить тепловые потери. С применением разработанной программы были исследованы влияния изоляционного материала базальтовое волокно, как часто используемого в практике, с разной толщиной изоляции с коэффициентом теплопроводности (0,039 Вт/м К).

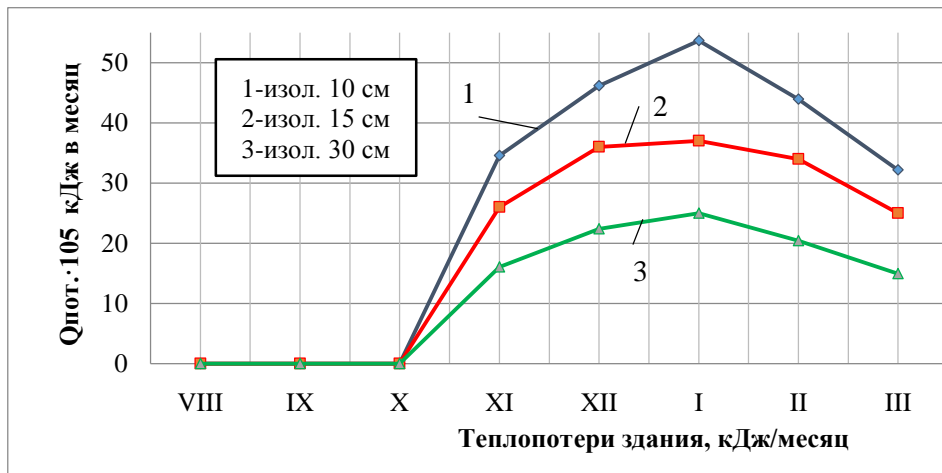


Рис. 2. Теплотери здания /кДж в мес./ с разной толщиной изоляции.

Толщина изоляции составляет 10, 15, 30 см. Как видно из графиков, вне зависимости от выбранного метода расчета, применение теплоизоляционных материалов существенным образом снижает тепловые потери здания по сравнению с домом без изоляции. Из полученных диаграмм наблюдается, что увеличение толщины изоляционного материала приводит к существенному снижению теплотерь. Однако эта зависимость явно нелинейная.

Для покрытия тепловых потерь здания разработан метод расчета сезонного аккумулятора тепла, при расположении его в подвальной части жилого дома, осуществлен выбор рациональных параметров сезонного бака аккумулятора.

При расположении бака в подвале дома потери бака становятся полезной нагрузкой для здания. Расчетная тепловая схема такого случая приведена на рисунке 3.

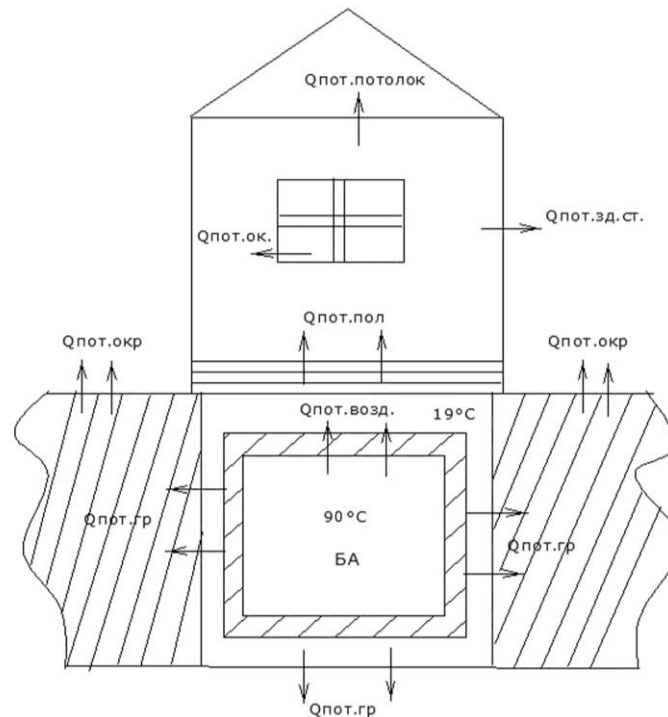


Рис. 3. Расчетная схема жилого дома.

Напомним, что под сезонным баком аккумулятора подразумевается такой бак, который аккумулирует тепло с помощью солнечной радиации в неотапливаемый период и к началу отопительного сезона аккумулированное тепло используется для покрытия тепловых потерь здания.

Для рассматриваемой расчетной схемы балансовое уравнение имеет вид:

$$Q_A = Q_I - Q_{ПЗ} - Q_{ПА} - Q_{Подв.} \quad (10)$$

где Q_A – количество аккумулированного тепла;

$$Q_t = \frac{Q_p \cdot F_k \cdot \eta_k \cdot 10^3}{n} - \text{поступление от солнечной радиации}; \quad (11)$$

где Q_p - месячная солнечная радиация на поверхность с углом наклона 35°C , МДж/м² [7];

F_k - поверхность коллекторов, м², определена из предварительных расчетов;

η_k - коэффициент полезного действия коллектора (КПД) принят на основе рекомендации, $\eta_k=0,6$; n - число дней в месяце;

$Q_{ПА}$ - потери тепла бака-аккумулятора, кДж/сутки:

$$Q_{ПА} = k \cdot F (t_{ж} + t_{возд.}) \quad (12)$$

Коэффициент теплопередачи:

$$K = \frac{1}{R_0} \quad (13)$$

Термическое сопротивление:

$$R_0 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\lambda_i}{\delta_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (14)$$

$Q_{ПЗ}$ - потери тепла здания, кДж/сутки; (см. формулу 1).

$Q_{Подв.}$ - потери тепла через подвал, кДж/сутки;

$$Q_{Подв} = F_{Подв} \cdot K_{Гр} (t_{вп} - t_{Гр})$$

здесь $F_{Подв}$ - это площадь поверхности подвала; $K_{Гр}$ - коэффициент теплопередачи подвала; $t_{вп}$ - температура воздуха в подвале; $t_{Гр}$ - температура грунта. Коэффициент теплопередачи в данном случае определяется как:

$$K_{Гр} = \frac{1}{R_{\alpha_i}}$$

где R_{α_i} - термическое сопротивление, соответ-

$$\text{ственно: } R_{\alpha_i} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_2}$$

здесь $\alpha_в$ - коэффициент теплоотдачи ;

δ_1 - толщина стены подвала, которая сделана из бетона;

λ_1 - коэффициент теплопроводности бетона.

Расчетная схема (рис. 3) для построения тепловой модели процесса зарядки и разрядки сезонного бака аккумулятора, позволила разработать блок-схему для описания вышеприведенных зависимостей и создать алгоритм на языке Excel.

На основе созданной программы были определены:

- тепловые потери как здания, так и бака аккумулятора, с учетом поступления солнечной радиации;

- рациональные площади поверхности солнечных коллекторов;

- оптимальные величины теплоизоляции для бака, подвала и дома.

Для обеспечения теплового потребления изучаемого объекта за весь отопительный период, рассмотрены различные площади солнечных коллекторов, исследованы теплоизоляционные материалы с различными теплофизическими свойствами и разной толщиной изоляции. При этом объем бака $V = 100 \text{ м}^3$ оставался неизменным [8].

В системе коллектор бак-аккумулятор – потребитель тепла, из рассмотренных вариантов наиболее оптимальным является вариант со следующими характеристиками:

- площадь солнечного коллектора – $F=20 \text{ м}^2$;

- объем бака-аккумулятора $V=100 \text{ м}^3$ с толщиной изоляции 20 см;

- здание объемом $V=262,63 \text{ м}^3$ с толщиной изоляции $\delta_{из}=10 \text{ см}$.

В качестве изоляционного материала рекомендовано применение изолвера с коэффициентом теплопроводности $\lambda=0,037 \text{ Вт/(м·К)}$. При этих параметрах температура воды в баке к началу отопительного сезона достигла 93°C , к концу отопительного сезона 60°C тех же параметрах, но с толщиной изоляции дома 15 см, температура воды в начале отопительного сезона 94°C , а к концу отопительного сезона 68°C , что удовлетворяет требованиям работы системы отопления (рис. 4).

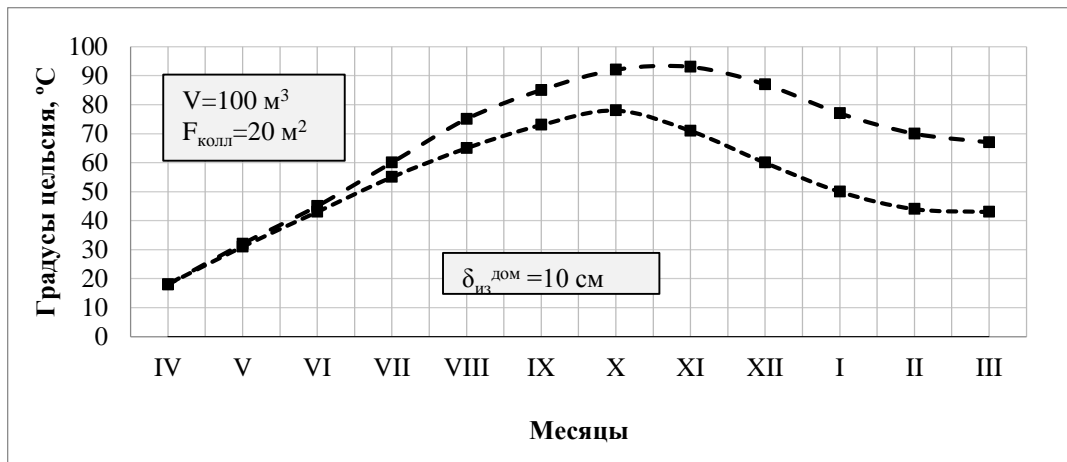


Рис. 4. Изменение температуры воды в баке с разной толщиной изоляции.

Выводы:

- в результате проведенных исследований предложен новый подход в определении тепловых потерь здания. Составлен алгоритм расчета и программа, которая позволила произвести сравнительный расчет теплотерь здания с различными параметрами теплоизоляционных материалов.

- на основе исследования влияния толщины теплоизоляции на теплотери здания, впервые для типового здания показали, что имеется разумный предел толщины теплоизоляции, который не должен превышать 30 см [6].

- разработан алгоритм и программа для определения зарядки и разрядки сезонного бака аккумулятора при расположении его в подвале, с учетом изменения температуры воды в баке аккумулятора, при среднемесячной температуре окружающей среды и при температуре воздуха в подвале 10°C .

- по выполненным расчетам получены удовлетворительные результаты подтверждающие возможность использования сезонного бака аккумулятора для компенсации тепловых потерь здания в отопительный период.

Следует отметить, что использование сезонных солнечных баков-аккумуляторов для отопления небольших жилых домов для условий

Кыргызстана могут быть весьма перспективными.

Литература:

1. Уделл С. Солнечная энергия и другие альтернативные источники энергии. - М.: Энергия, 1960.
2. Мэрион Дж.Б. Физика и физический мир. - М.: Мир, 1975.
3. Обозов А.Дж., Ботпаев Р.М. Возобновляемые источники энергии». / Учебное пособие для ВУЗов. - Бишкек, 2010.
4. Quaschnig Volker. «Regenerative Energie - systeme» 5 Auflage Hanser, 2007.
5. <http://profi.gateway.kg/person/rakhimovkaly/energetika>
6. [www.photo.kg; day.kg](http://www.photo.kg/day.kg).
7. Насирдинова С.М. Исследование и разработка систем солнечного теплоснабжения с использованием сезонных аккумуляторов тепла. Автореф. - Б., 2016.
8. Михеев М.А. Основы теплопередачи [Текст] / М.А. Михеев, И.М. Михеева - М.: Энергия, 1977. - 342 с.
9. СНиП 23-02-00 КР. Строительная климатология [Текст] / СНиП 23-02-00 КР. Госархстройинспекция КР. - Б., 2000. - 34 с.
10. Обозов А. Дж., Насирдинова С.М. «Выбор рациональных параметров сезонного аккумулятора системы солнечного теплоснабжения», Материалы V-й международной научно-практической конференции. - Душанбе, 2011.
11. Насирдинова С.М. Исследование и разработка систем солнечного теплоснабжения с использованием сезонных аккумуляторов тепла. / Диссертационная работа. - Б., 2016.

Рецензент: к.т.н., профессор Саньков В.И.