

УДК 697.2

СРАВНЕНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ДОМА ДЛЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА РОССИИ

Гринкруг Н.В., Костиков С.А.

ФГБОУ ВПО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»,
Комсомольск-на-Амуре, e-mail: kkg@knastu.ru

Статья посвящена проблеме проектирования и строительства энергоэффективных малоэтажных зданий на территории Дальневосточного округа России. В статье приводится технико-экономический анализ и сравнение комбинированных инженерных сетей здания. В сравнении было рассмотрено всего 5 вариантов инженерных систем, которые используют различные виды топлива для системы отопления и ГВС: электричество, природный газ, каменный уголь, топочный мазут и центральные тепловые сети. В качестве выводов, авторы приводят наиболее экономически целесообразный вариант комбинированной системы в современных экономических условиях.

Ключевые слова: энергоэффективный дом, отопительная система, солнечные батареи, солнечные коллекторы

THE COMPARISON OF COMBINED ENGINEERING SYSTEMS ENERGY EFFICIENT HOUSE FOR FAR EAST REGION RUSSIA

Grinkrug N.V., Kostikov S.A.

Komsomolsk-on-Amur State Technical University, Komsomolsk-on-Amur, e-mail: kkg@knastu.ru

The article deals with the design and construction of energy-efficient low-rise buildings in the Far Eastern Federal District of Russia. The article provides a technical and economic analysis and comparison of the combined utilities building. In comparison, only 5 were considered variants of engineering systems-those that use a variety of fuels for heating and domestic hot water: electricity, natural gas, coal, fuel oil and central heating network. As conclusions, the authors present the most economically viable option combined system in the current economic conditions.

Keywords: energy-efficient house, heating system, solar panels, solar collectors

В России, повышением энергоэффективности зданий начали заниматься относительно недавно. Толчком для более массового проектирования и строительства энергоэффективных зданий стало принятие Федерального Закона Российской Федерации от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ». Несмотря на то, что уже прошло более 5 лет с принятия Федерального Закона об энергосбережении, все еще существует проблема нехватки нормативно-правовой базы и опыта для реализации энергоэффективных зданий в различных климатических поясах России [1].

Согласно данным [2], с 2010 по 2013 было построено 60 малоэтажных энергоэффективных зданий с энергоэффективности классом А и В. Из 60 зданий, в Дальневосточном Федеральном Округе было построено всего 2 подобных объекта.

На сегодняшний день наиболее известна следующая классификация зданий по уровню энергопотребления [3]:

1) «старое здание» (построены до периода 1970-х годов): уровень энергопотребления составляет около 300 кВт·ч/м²·год;

2) «Новое здание» (построены с 1970-х до 2000 года): уровень энергопотребления не более 150 кВт·ч/м²·год;

3) «Дом низкого потребления энергии» (период строительства не ранее 2002 года): уровень энергопотребления не более 60 кВт·ч/м²·год;

4) «Пассивный дом»: уровень энергопотребления не более 15 кВт·ч/м²·год;

5) «Дом нулевой энергии»: 0 кВт·ч/м²·год;

6) «Активный дом»: здание, которое вырабатывает больше энергии, чем потребляет.

Цель исследования. Целью исследования является определение наиболее экономически целесообразного варианта комбинированной системы для энергоэффективного малоэтажного здания, который предполагается разместить в климатических условиях Дальневосточного региона России. Поднятая тема в данной статье является актуальной и имеет большую научно-техническую и практическую значимость, в частности для тех, кто занимается проектированием энергоэффективных домов для Дальневосточных районов России.

Для проведения технико-экономического анализа различных видов комбинированных инженерных сетей, был выбран типовый проект индивидуального двухэтажного дома для проживания семьи из 4-5 человек. На рисунке 1 изображен план первого этажа со схематичным отображением комбинированной инженерной системы.

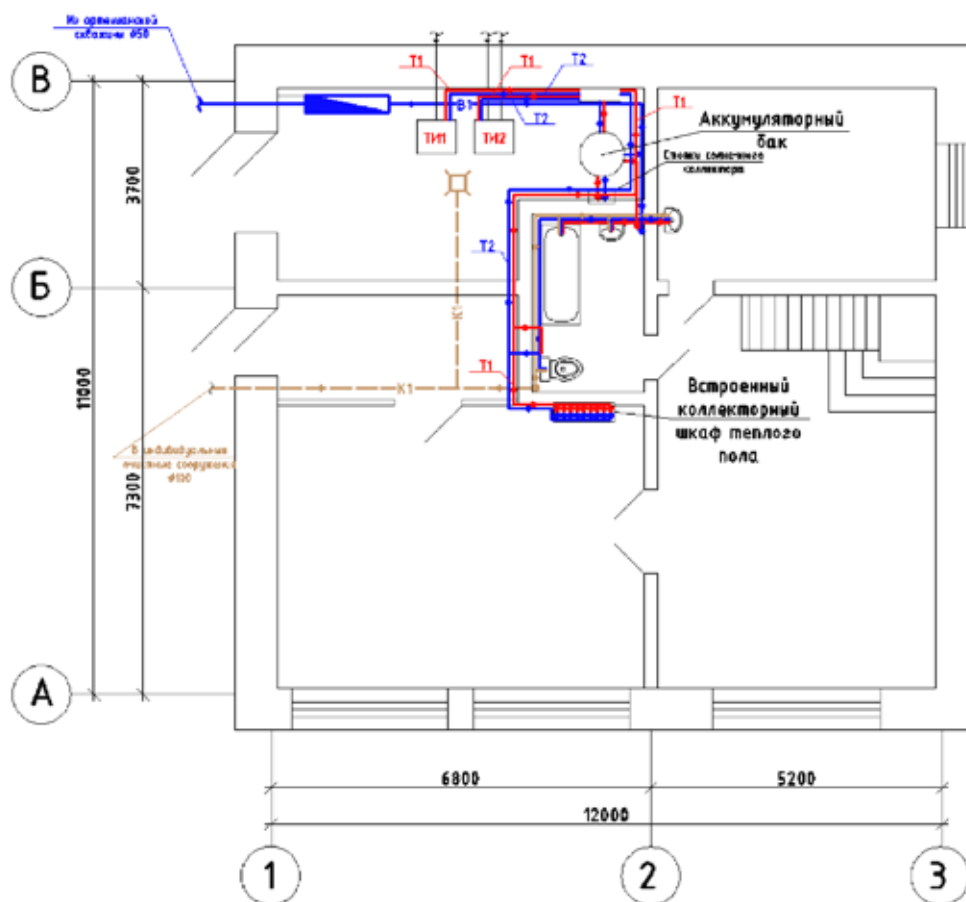


Рис. 1. План этажа энергоэффективного дома с изображением комбинированной инженерной системы

Основные объемно-планировочные и архитектурно-конструктивные решения здания приведены в табл. 1. В табл. 2 представлена энергетическая потребность здания.

Таблица 1

Описание объемно-планировочных и конструктивных решений здания

Наименование	Описание
Размеры здания	По осям А-В – 11,0 м; по осям 1-3 – 12,0 м
Высота здания	9,0 м
Площадь здания	Общая площадь – 264 м ² ; жилая площадь – 167 м ²
Конструктивная схема	Бескаркасная
Фундамент	Фундаментная плита
Ограждающие конструкции	Пустотный керамический кирпич
Теплоизоляционный материал	Минеральная вата «Эковата»
Перекрытия	Ж/б плиты перекрытия
Кровля	Полувальмовая
Кровельный материал	Металлочерепица
Окна	3-х камерные стеклопакеты
Входные двери	Двери с терморогом

Таблица 2

Энергетическая потребность здания

Наименование инженерной системы	Количество потребляемой энергии
Система отопления	70 Гкал/год
Система ГВС	1,6 Гкал/год
Система электроснабжения	от 11 000 до 25 000 кВт·ч

Потребность в электроэнергии сильно зависит от применяемого типа теплового источника. Так при использовании теплового насоса, максимальная потребность в электроэнергии составит максимум 25 000 кВт·ч, из которых 7500 кВт·ч необходимо на бытовые нужды, а остальные 17 500 кВт·ч необходимо затратить на систему отопления и ГВС. При использовании газовых, жидкостных или твердотопливных котлов, наблюдается резкое снижение потребления электроэнергии. В таблице 3 приведены возможные варианты исполнения комбинированной инженерной системы с использованием различных видов тепловых источников и количеством дополнительного оборудования в виде солнечных батарей и коллекторов, пластинчатых рекуператоров.

На рис. 3 представлен график суммарных годовых эксплуатационных затрат на систему отопления и ГВС с различными вариантами тепловых источников. Расчетные значения графика были получены исходя из следующей формулы:

$$\Phi = \sum K(1 + k_{инф.})^{t-1} + \sum C_i,$$

где K – затраты на покупку оборудования за расчетный период 25 лет, руб; $(1 + k_{инф.})^{t-1}$ – безразмерный коэффициент, учитывающий инфляционные издержки в Российской Федерации за расчетный период; $\sum C_i$ – затраты на покупку топлива за расчетный период 25 лет, руб.

Таблица 3

Варианты для сравнения комбинированных инженерных систем энергоэффективного дома

Наименование оборудования	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
Теплоснабжение	Тепловой насос «вода-вода»	Газовый котел	Твердотопливный котел	Мазутный котел	Центральные тепловые сети
Электроснабжение	солнечные батареи + центральные электросети	солнечные батареи + центральные электросети	солнечные батареи + центральные электросети	солнечные батареи + центральные электросети	солнечные батареи + центральные электросети
Горячее водоснабжение	Гелиосистема + тепловой насос	Гелиосистема + газовый котел	Гелиосистема + Твердотопливный котел	Гелиосистема + Мазутный котел	Гелиосистема + Центральные тепловые сети
Вентиляция и кондиционирование	Пластинчатый рекуператор	Пластинчатый рекуператор	Пластинчатый рекуператор	Пластинчатый рекуператор	Пластинчатый рекуператор

Далее приводятся выводы проведенного технико-экономического расчета эффективности использования тех или иных технологических решений инженерных сетей. Все необходимые технико-экономические расчеты были проведены исходя из климатических условий города Комсомольска-на-Амуре, где средняя температура воздуха отопительного периода составляет $-10,8^{\circ}\text{C}$.

$$C_i = \frac{Q_{тр}}{Q_{мс}} \cdot c_i,$$

где $Q_{тр}$ – требуемая годовая тепловая мощность, ккал; $Q_{мс}$ – низшая теплотворная способность, ккал/м³ (ккал/кг); η – коэффициент полезного действия отопительного оборудования, %; c_i – цена соответствующего энергоресурса за i год, руб.

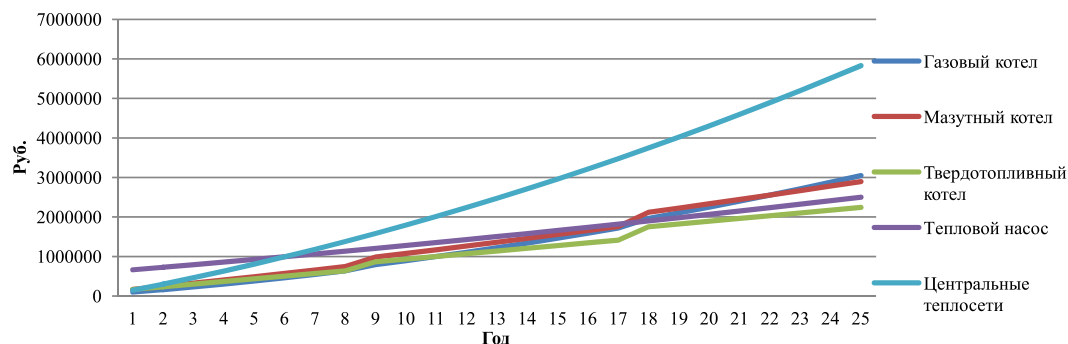


Рис. 3. Суммарные годовые эксплуатационные затраты на систему отопления и ГВС

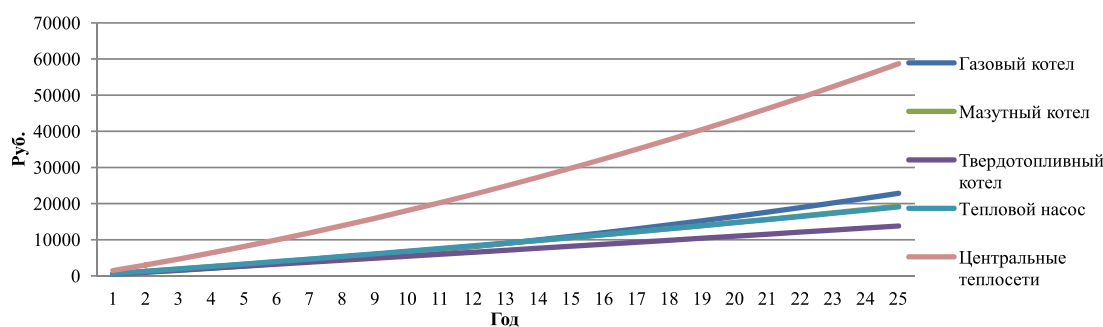


Рис. 4. Суммарные годовые эксплуатационные затраты на систему отопления и ГВС с учетом работы пластинчатого рекуператора

На рис. 4 представлен график суммарных годовых эксплуатационных затрат на систему отопления и ГВС с различными вариантами тепловых источников, но уже с учетом работы пластинчатого рекуператора. КПД рекуператора принимаем 80 %.

Проанализировав графики на рис.4 и 5, был сделан следующий вывод: при использовании пластинчатого рекуператора с КПД 80 %, годовые эксплуатационные затраты сократились на 20-25 %.

В табл. 2 было указано, что тепловая энергия для горячего водоснабжения будет поступать из двух источников: отопительный котел и солнечный коллектор. В суровых климатических условиях Дальнего Востока, солнечный коллектор возможно использовать только в течение 5 месяцев в году: с мая по сентябрь. Для оценки эффективности использования солнечного коллектора, был составлен график суммарных эксплуатационных затрат на систему ГВС при использовании отопительных котлов в течение 5 месяцев в году (рис. 5).

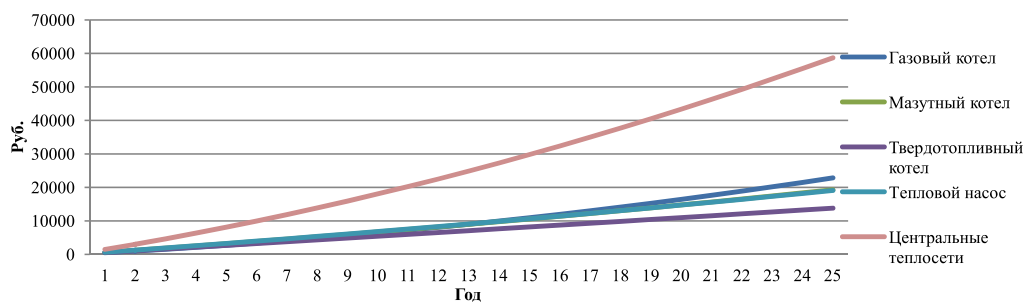


Рис. 4. Суммарные эксплуатационные затраты на систему ГВС при использовании отопительных котлов в течение 5 месяцев в году

Согласно расчетным данным графика на рисунке 6 было установлено, что при минимальной стоимости солнечного коллектора в 35 000 руб., он является экономически не эффективным в комбинации с индивидуальными котельными, так как период его окупаемости составит свыше 25 лет.

Для оценки экономической эффективности использования солнечной электроэнергии необходимо определить суммарные эксплуатационные затраты на электроэнергию за 25 лет и сравнить их с затратами на покупку и монтаж солнечной автономной электростанции. Обеспечение полной автономности системы электроснабжения в климатических условиях Дальнего Востока экономически нецелесообразно, так как первичные затраты на покупку оборудования будут превышать суммарные затраты на электроэнергию за расчетный период в 25 лет. Далее приво-

дится оценка экономической эффективности использования автономной солнечной электростанции, которая будет покрывать часть требуемого количества электроэнергии для проектируемого дома. Данная автономная система электроснабжения будет состоять из 16 солнечных батарей, 6 аккумуляторов с номинальной мощностью 200 А×ч, инвертора, мощностью 5 кВт и дополнительного оборудования. Стоимость такой системы будет составлять 680 000 руб. Примем, что за 1 год, солнечная батарея мощностью 300 Вт сможет выработать около 300 кВт×ч в год. Тогда 16 солнечных батарей в год будут вырабатывать около 4800 кВт×ч в год. На рисунке 6 и 7 представлены графики суммарных эксплуатационных затрат с использованием солнечной электростанции для 1 (25 000 кВт×ч в год) и 2 (11 000 кВт×ч в год) варианта.

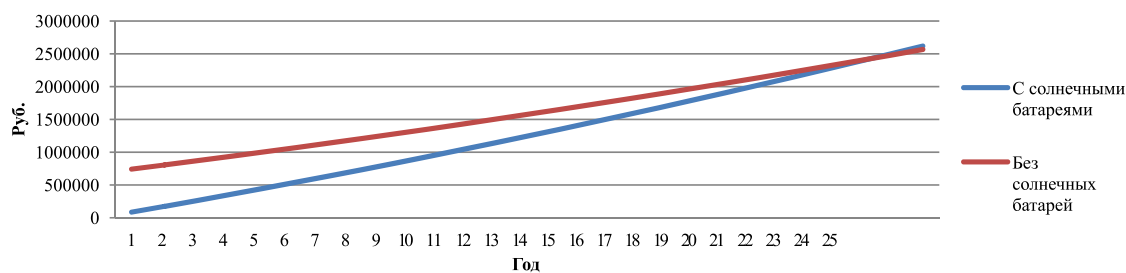


Рис. 5. Суммарные эксплуатационные затраты на электроэнергию при потребности 25 000 кВт×ч в год с использованием солнечных батарей

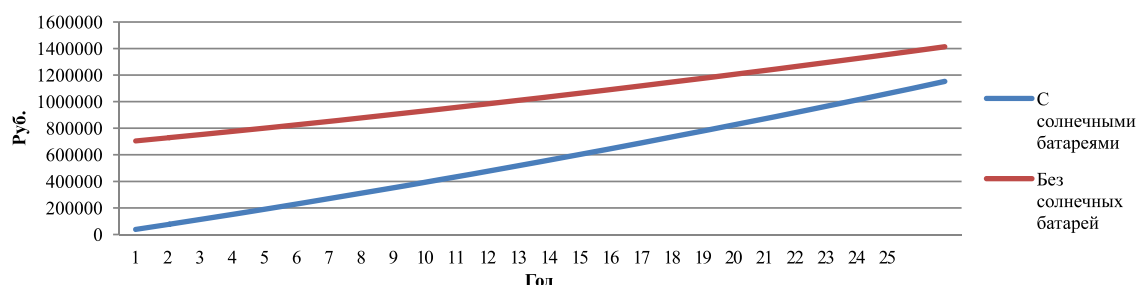


Рис. 6. Суммарные эксплуатационные затраты на электроэнергию при потребности 11 000 кВт×ч в год с использованием солнечных батарей

По полученным расчетным данным (рис. 8, рис. 9) можно сделать следующие выводы: использование солнечной энергии наиболее целесообразно при наибольших эксплуатационных затратах на оплату электроэнергии. Период окупаемости автономной солнечной электростанции при потреблении до 25 000 кВт×ч в год составляет 23 года, при потреблении до 11 000 кВт×ч в год свыше 25 лет.

В результате проведенных расчетов можно сделать следующие выводы:

1) В качестве теплового источника наиболее экономически целесообразно использовать двухконтурный твердотопливный котел на каменном угле (рис. 4). Уровень внешнего энергопотребления будет составлять около 360 кВт×ч/м²·год;

2) Наименьший уровень внешнего энергопотребления наблюдается при использовании теплового насоса «вода-вода» в качестве основного источника тепла. Уровень внешнего энергопотребления составляет в пределах 90 кВт×ч/м²·год. Однако такой вариант, по сравнению с другими, имеет наибольшие первичные затраты. Для повышения экономической целесообразности использования теплового насоса необходима установка пластинчатого рекуператора (рис. 5). Таким образом, период окупаемости составит от 10 до 15 лет;

3) Использование солнечной энергии в климатических условиях Дальнего Востока экономически нецелесообразно. Это связано с несколькими факторами. Во-первых, уровень солнечной активности на территории Хабаровского края составляет 4-5 кВт*м²/сутки, однако в зимний период продолжительность дня минимальна, а потребность в электроэнергии максимальна. Данный фактор сказывается на первичных затратах на покупку и монтаж необходимого оборудования, так как за 8 световых часов необходимо не только выработать электроэнергию для дневного потребления, но и запасти ее на темное время суток. Во-вторых, в России, по сравнению со странами ЕС, уровень цен за 1 кВт*час электроэнергии в 2-3 раза ниже [4], что непосредственно сказывается на периоде окупаемости соответствующего оборудования. Подобные выводы были сделаны и по целесообразности использования солнечных коллекторов. Во-первых, полное обеспечение тепловой энергией системы ГВС от солнечных коллекторов возможно только 5 месяцев в году.

Во-вторых, стоимость солнечных коллекторов превышает эксплуатационные затраты на систему ГВС, поэтому их период окупаемости солнечного коллектора в суровых климатических условиях находится за пределами эксплуатационного срока оборудования. Это обусловлено низкими ценовыми тарифами на энергоресурсы по сравнению с Европейскими странами.

4) Технико-экономический расчет показал, что применение и использование Европейских стандартов классификации зданий по уровню внешнего энергопотребления [3] в суровых климатических условиях Дальнего Востока является невозможным. Это обусловлено следующим рядом факторов:

а) расчетное значение градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) для города Комсомольска-на-Амуре составляет 6868,0°С×сутки, в то время как в северных странах ЕС максимальное значение ГСОП составляет от 5500 до 6000 °С×сутки, в центральных странах ЕС от 2500 до 4000 °С×сутки [5]. Данный параметр оказывает непосредственное влияние на теплоизоляционные характеристики ограждающих конструкций и энергетическую потребность здания;

б) при существующих уровнях цен на энергоресурсы в России, применение теплоизоляционных стандартов стран ЕС для жилых зданий является экономически нецелесообразно, так как денежные затраты на дополнительное утепление здания превысят суммарные затраты на покупку энергоресурсов;

в) экономически эффективное использование солнечной энергии возможно только в особо отдаленных районах, где отсутствуют какие-либо другие источники электроснабжения.

Список литературы

1. Использование энергии и энергоэффективность в российском жилищном секторе / Центр по эффективному использованию энергии. – М.: М., 2014. – 37 с.
2. Cleandex: Энергоэффективные дома по-русски. Обзор проектов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cleandex.ru/articles/2012/09/07/energoeffektivnye_doma_porusski_obzor_proektov
3. Википедия: Энергоэффективность зданий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Энергоэффективность> (дата обращения 22.05.2014).
4. Риановости: Рейтинг стран по стоимости электроэнергии в 2014 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ria.ru/infografika/20141120/1033874028.html>.
5. Сеппанен О. Требования к энергоэффективности зданий в странах ЕС // Энергосбережение. – 2010. – № 7.