

УДК 697.2

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ
В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ РЕГИОНЕ РОССИИ**

Гринкруг Наталья Владимировна

канд. тех. наук

Костиков Сергей Александрович

магистрант

Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет

Комсомольск-на-Амуре

author@apriori-journal.ru

Аннотация. Статья посвящена проблеме проектирования и строительства энергоэффективных зданий в климатических условиях Дальневосточного региона России. В статье приводятся данные, которые были получены в ходе выполнения технико-экономического анализа основного инженерного оборудования для соответствующих инженерных сетей проектируемого дома. В качестве выводов приводятся оценка экономической целесообразности применения инженерного оборудования с целью повышения класса энергоэффективности проектируемого здания.

Ключевые слова: энергоэффективность; тепловой насос; солнечная энергетика.

TECHNICAL AND ECONOMICS ANALYSIS USE OF ENERGY EFFICIENT TECHNOLOGIES IN BUILDING LOW-RISE HOUSES IN THE FAR EAST RUSSIA

Grinkrug Natalia Vladimirovna

candidate of technical sciences

Kostikov Sergey Aleksandrovich

undergraduate

Komsomolsk-on-Amur State Technical University, Komsomolsk-on-Amur

Abstract. The article deals with the design and construction of energy efficient buildings in the climatic conditions of the Far Eastern region of Russia. The article presents the data that were obtained during the execution of a feasibility analysis of the main engineering equipment for the respective utilities designed home. As the findings are to assess the economic feasibility of engineering equipment in order to increase the energy efficiency class of the projected building.

Key words: energy efficiency; heat pump; solar energy.

В современных экономических условиях, мировое сообщество все больше и больше обеспокоено развитием и повышением энергоэффективности зданий и сооружений. Эта обеспокоенность мирового сообщества выражена несколькими основными факторами:

- рост потребления энергоресурсов;
- ценовой рост на энергетическое топливо;
- развитие экологических проблем, которые связаны с добычей и переработкой ископаемых видов топлива.

Следует отметить, что, к примеру, в странах ЕС 1/3 часть от общего объема конечного потребления энергии приходится на жилой сектор. На период 2005 года жилой сектор Российской Федерации занимал второе место по количеству потребляемой энергии, что равнялось более 1/4 части от общего объема потребляемых энергоресурсов [1]. В России, согласно данным [2], уровень общего потребления первичной энергии для всех бытовых нужд жилого здания составляет около 382,2 кВт*ч/м² год, в то время как в северных странах ЕС данный уровень имеет значение не более 100 кВт*ч/м² год.

Для успешного стимулирования развития сферы энергоэффективности в России, куда входит развитие энергоэффективных технологий и строительных материалов, строительство новых объектов недвижимости и реконструкция существующих зданий, были приняты различные нормативно-правовые документы [3]:

- Федеральный Закон Российской Федерации от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ»;
- Постановление Правительства РФ от 25.01.2011 № 18 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов»;
- Постановление Правительства РФ от 31.12.2009 № 1225 «О требованиях к региональным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности»;
- Распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 № 1715-р «Об утверждении Энергетической стратегии России на период до 2030 года».

На данный момент, на территории Российской Федерации существует не так много строительных компаний, которые целенаправленно занимаются проектированием и строительством энергоэффективных

зданий. Однако большая часть построенных энергоэффективных жилых домов сосредоточены в западных районах нашей страны. В связи с этим, разработка проекта энергоэффективного дома для суровых климатических условий восточной части России является актуальной и имеет большую практическую значимость.

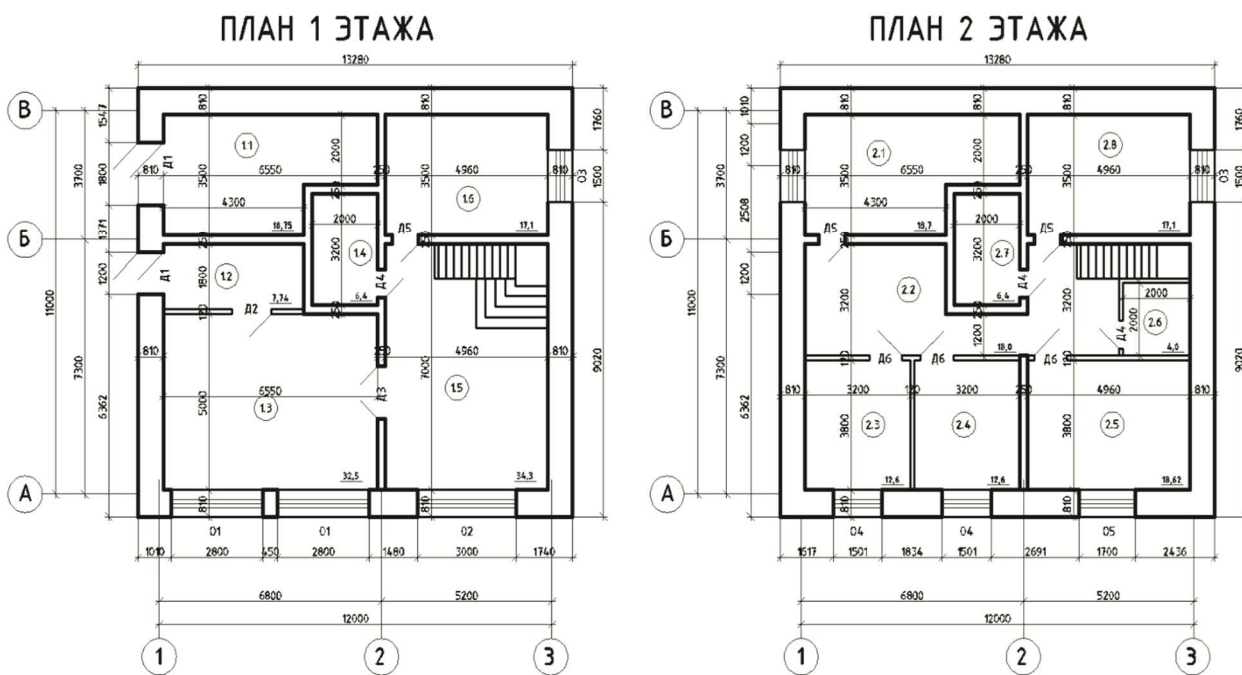


Рис. 1. Планы этажей проектируемого здания

Таблица 1

Архитектурно-конструктивное решение проектируемого здания

Наименование	Конструкционное решение
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, утепленная минеральной ватой «Эковата»
Окна	3-х камерные стеклопакеты
Входные двери	Двери с термopорогом и высокопрочным изолирующим ядром

Имеется проект индивидуального двухэтажного жилого дома с общей площадью 264,0 м², который предназначен для проживания одной семьи из 4-5 человек (см. рис. 1). Объемно-планировочное решение жилого дома соответствует нормам и требованиям «Института пассивного дома» [4]. В таблице 1 приведены архитектурно – конструктивные решения проектируемого здания.

В соответствии с методикой [5], был произведен теплотехнический расчет всех ограждающих конструкций (см. табл. 2).

Таблица 2

**Теплотехнические характеристики
основных ограждающих конструкций**

Элемент	Термическое сопротивление R₀, м² * °C/Вт	Коэффициент теплопередачи K, Вт/(м²·K)
Фундаментная плита	5,2	0,192
Наружная стена	4,94	0,202
Кровельная сэндвич-панель	6,4	0,156
Трехкамерный стеклопакет	1,3	0,76
Наружная дверь	1,0	1,0

По полученным данным теплотехнического расчета, согласно методике [5], были определены тепловые потери здания:

- тепловые потери через ограждающие конструкции: 23,63 Гкал/год;
- тепловые потери при инфильтрации воздуха: 47,42 Гкал/год;
- тепловые потери и затраты на систему ГВС: 1,69 Гкал/год.

Таким образом, общая тепловая нагрузка здания составляет 72,74 Гкал/год (см. рис. 2).

Исходя из полученных данных по тепловой нагрузке, было подобрано оборудование для комбинированной инженерной сети (см. табл. 3).

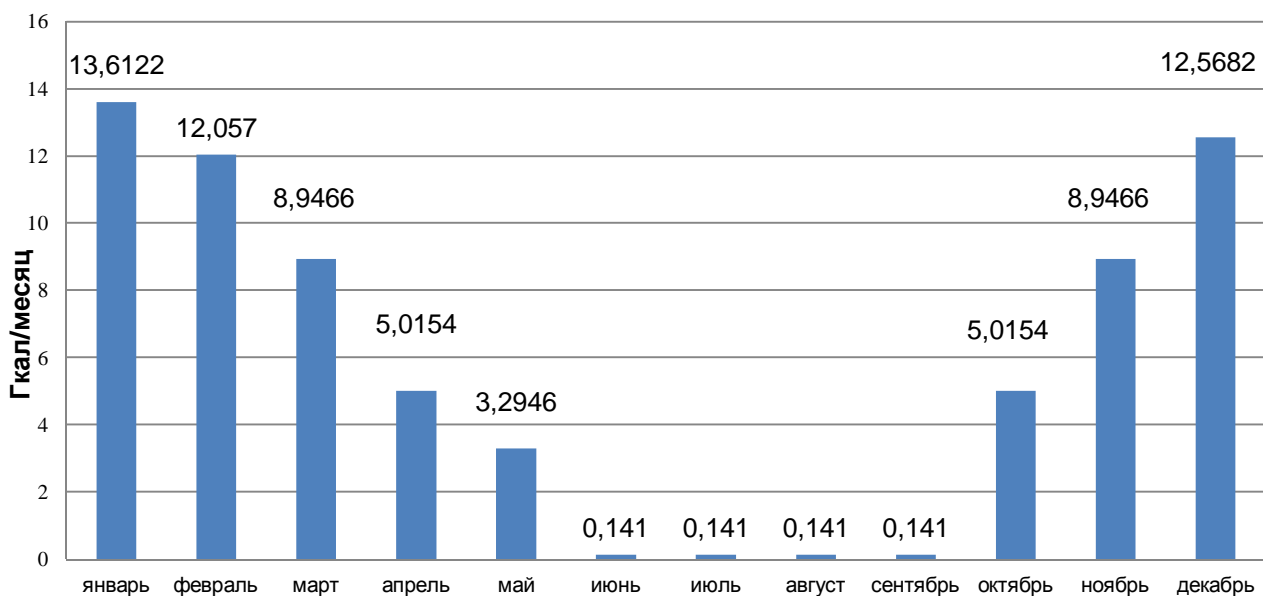


Рис. 2. Общая месячная тепловая нагрузка проектируемого здания

Таблица 3

Наименование оборудования комбинированной инженерной сети здания

Наименование инженерной сети	Наименование технологического оборудования
Система теплоснабжения	Тепловой насос
Система горячего водоснабжения	Тепловой насос
Система вентиляции и кондиционирования	Пластинчатый рекуператор без дополнительных нагревателей
Система электроснабжения	Солнечные батареи и центральные электросети

Исходя из того, что максимальная тепловая нагрузка с учетом системы ГВС составляет 25 кВт*час, подбираем двухконтурный тепловой насос «вода-вода» марки «Mammoth» J072WHE-BLA/CS. В таблице 4 приведены основные технические характеристики теплового насоса. Полная стоимость теплового насоса с учетом оборудования и монтажа будет составлять в пределах от 700 000 до 800 000 руб.

**Технические характеристики теплового насоса
«Mammoth» J072WHE-BLA/CS [6]**

Наименование	Мощность, кВт	Количество контуров	Количество горячей воды, л/мин	Расход электроэнергии, кВт*час	КОП, %	Стоимость, руб.
Mammoth J072WHE-BLA/CS	25	2	3,8	4,3	5,8	265300

На рисунке 3 представлен график суммарных годовых эксплуатационных затрат за 25 лет. Данные расчетные значения (см. рис. 3) были получены при использовании следующей формулы:

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

где K – затраты на покупку оборудования за расчетный период 25 лет, руб;

$(k_{инф.})^{t-1}$ – безразмерный коэффициент, учитывающий инфляционные издержки в Российской Федерации за расчетный период.

$\sum C_i$ – затраты на покупку топлива за расчетный период 25 лет, руб:

$$C_i = \frac{Q_{тп}}{Q_{тс} * \eta} * u_i, \quad (2)$$

где $Q_{тп}$ – требуемая годовая тепловая мощность, ккал;

$Q_{тс}$ – удельная теплотворная способность, ккал/м³ (ккал/кг);

η – коэффициент полезного действия отопительного оборудования, %;

u_i – цена соответствующего энергоресурса за i год, руб.

Согласно расчетной методике [6], воздухообмен проектируемого здания составляет 780 м³/час. Для обеспечения требуемого воздухообмена жилого дома было предложено использовать пластинчатый рекуператор без дополнительных нагревателей марки «Lossnay» LGH-80RX5. Основные его технические характеристики приведены в таблице 5.

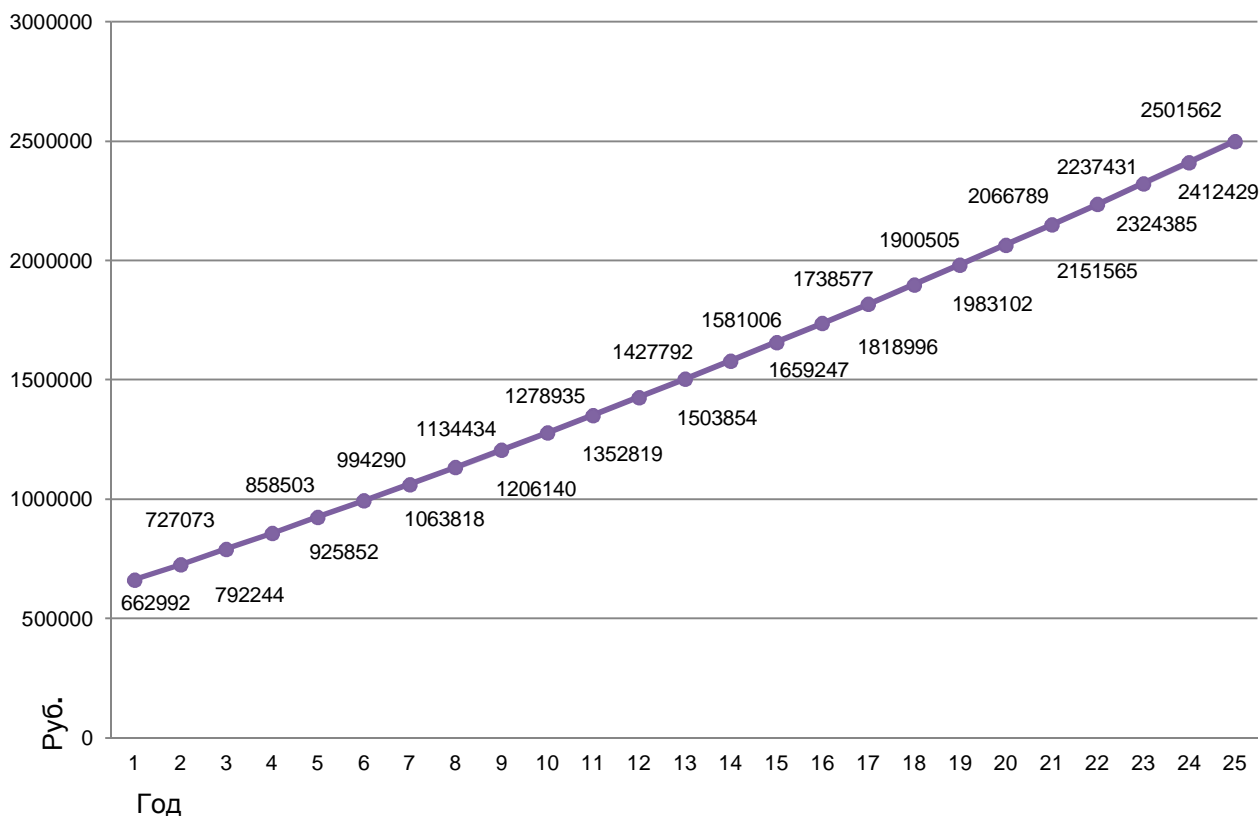


Рис. 3. Суммарные годовые эксплуатационные затраты на систему отопления и ГВС

Таблица 5

Основные технические характеристики пластинчатого рекуператора «Lossnay» LGH-80RX5 [7]

Наименование	Частота электросети, Гц	Потребляемая мощность, Вт	Воздухообмен, м ³ /час	КПД, %	Стоимость, руб.
LGH-80RX5	50	350	800	79	250 000

На рисунке 4 представлен график, где сравнения эксплуатационных затрат на систему отопления и ГВС без установки пластинчатого рекуператора и с его установкой. Особенно важный момент заключается в том, что при использовании пластинчатого рекуператора снижается потребность в тепловой мощности теплового насоса. Следовательно, требуются наименьшие первичные затраты на покупку и монтаж оборудования.

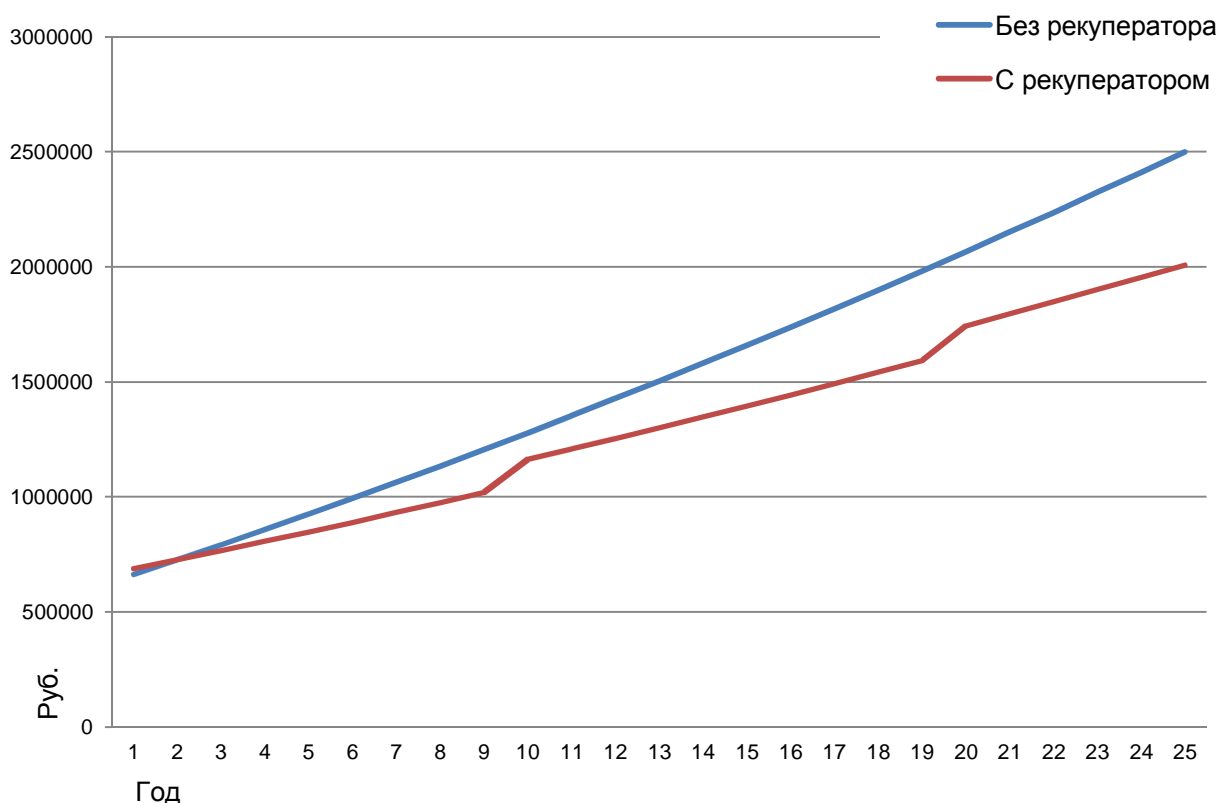


Рис. 4. Суммарные годовые эксплуатационные затраты на систему отопления и ГВС с использованием пластинчатого рекуператора

Согласно полученным расчетным данным (см. рис. 4) установка рекуператора является эффективным способом сократить эксплуатационные расходы. Период окупаемости пластинчатого рекуператора составляет 12 лет.

Для обеспечения системы ГВС тепловой энергией было принято использовать тепловой насос. Такой выбор обусловлен тем, что в суровых климатических условиях Дальнего Востока, использование солнечных коллекторов является нерентабельным. Сравним денежные затраты на систему ГВС при использовании теплового насоса и солнечного коллектора при условии, что тепловая потребность системы ГВС составляет 6 кВт*сутки или 164 кВт*месяц. Следует отметить, что солнечный коллектор будет иметь возможность работать только 5 месяцев. В таблице 6 представлены технические характеристики солнечных коллекторов, которые будут учтены в сравнении.

Основные технические характеристики солнечных коллекторов [8]

Наименование	Полезная площадь поглощения, м ²	Количество трубок, шт.	Количество теплоносителя, л	КПД, %	Стоимость, руб.
Vitosol 200-T	3,03	24	1,55	78	200 000
SCM-58/1800/02	2,6	20	1,2	70	34 500

В таблице 7 представлены расчетные данные дневной мощности одного солнечного коллектора за 5 месяцев эксплуатации.

Таблица 7

Расчетные значения дневной мощности солнечных коллекторов по месяцам

Наименование	Дневная мощность, кВт*сутки				
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Vitosol 200-T	12,7	13	12,72	10,5	8,8
SCM-58/1800/02	9,8	10	9,8	8,2	6,39

На рисунке 5 приведен график эксплуатационных затрат на обеспечение системы ГВС тепловой энергией с помощью теплового насоса (за 5 теплых месяцев в году), которые были рассчитаны по формуле 2.

Согласно полученным расчетным данным из рисунка 5 можно сделать вывод о том, что суммированные эксплуатационные затраты на систему ГВС при использовании теплового насоса в 2-3 раза ниже стоимости солнечных коллекторов. Это говорит о том, что период окупаемости солнечных коллекторов будет составлять более 50 лет.

Таким образом, основная часть эксплуатационных затрат составляют затраты на покупку электроэнергии, так как тепловой насос и рекупе-

ратор потребляет только электроэнергию. Среднее потребление электроэнергии в сутки будет составлять в среднем 70 кВт, из которых 50 кВт на систему отопления и ГВС, а остальные 20 кВт на бытовые нужды. В год, потребность в электроэнергии составит около 25 000 кВт*год. В Хабаровском крае среднегодовая солнечная инсоляция составляет 1300 кВт·год/м², исходя из чего одна солнечная батарея мощностью в 300 Вт сможет выработать около 300 кВт·год/м². Средняя цена 1 кВт автономной мощности в зависимости от стоимости оборудования солнечной электростанции составляет 190 тыс. руб [9]. На рисунке 8 представлен график суммарных эксплуатационных затрат на покупку электроэнергии.

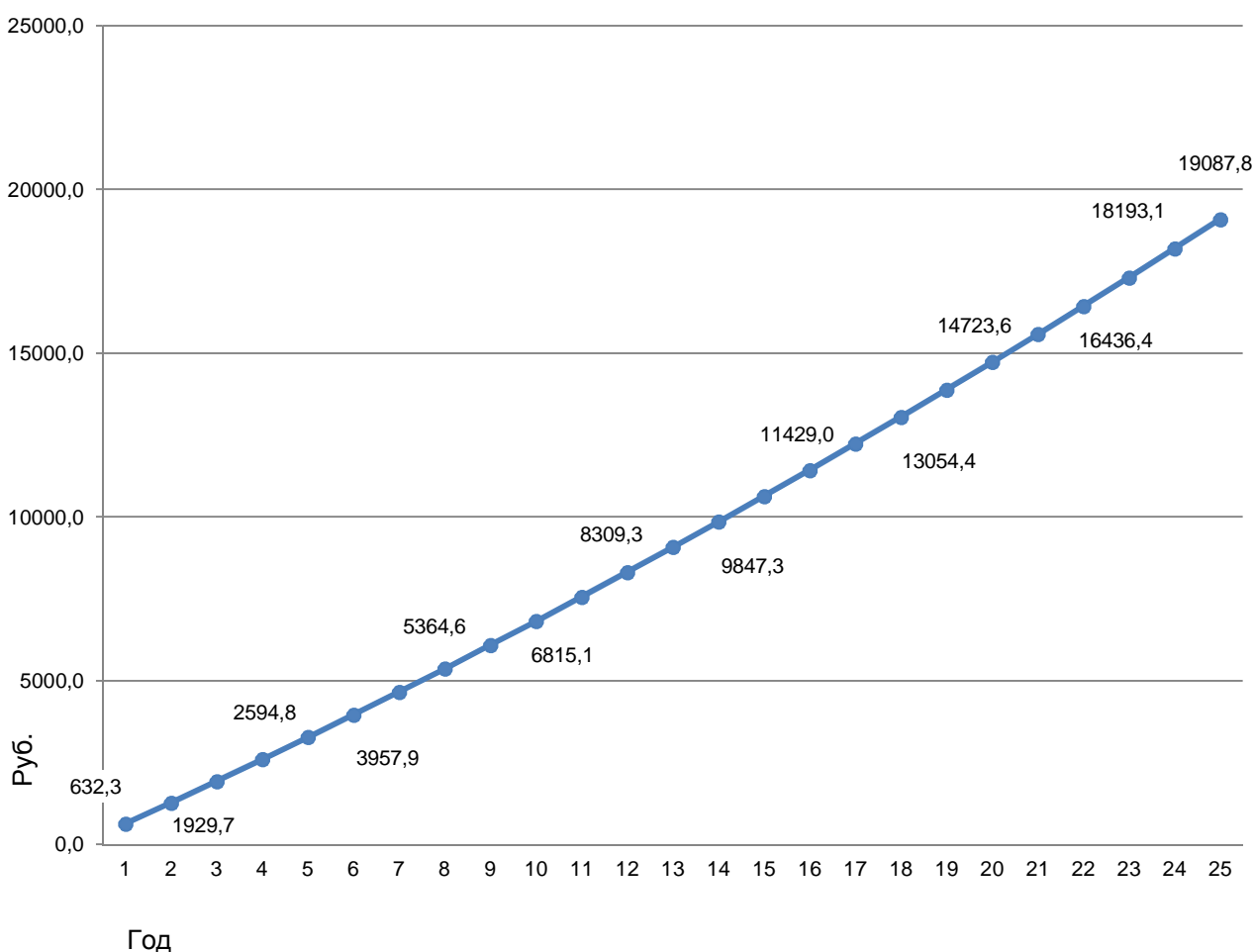


Рис. 5. Суммированные эксплуатационные затраты на систему ГВС при использовании теплового насоса

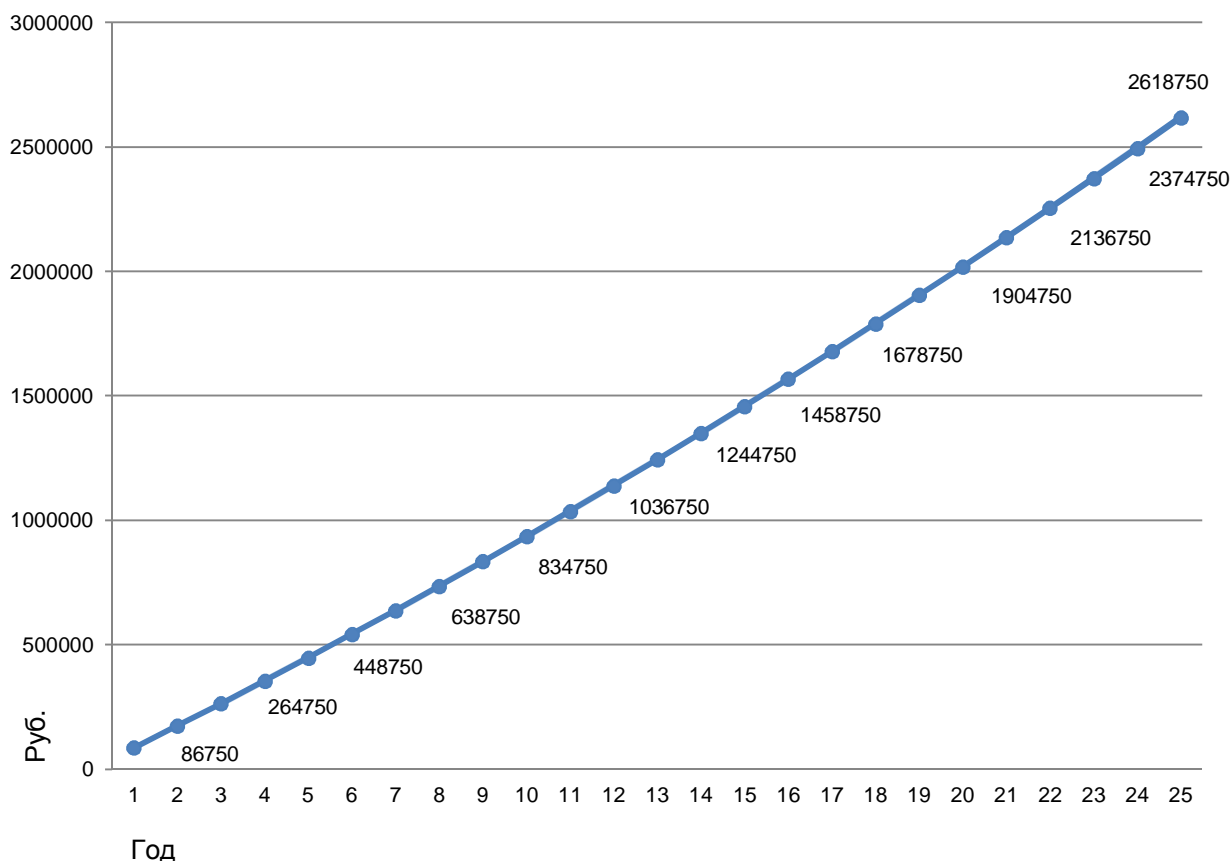


Рис. 6. Суммированные эксплуатационные затраты на систему электроснабжения

Согласно полученным расчетным данным (см. рис. 6), можно сделать следующий вывод: период окупаемости солнечной электростанции мощностью 5 кВт составит в пределах от 10 до 12 лет, солнечная электростанция мощностью 10 кВт будет иметь период окупаемости свыше 20 лет.

Таким образом, использование солнечной электростанции мощностью в 10 кВт покрывает все эксплуатационные расходы на электроэнергию, которая необходима для бытовых нужд. Для снабжения электричеством системы отопления и ГВС предполагается использовать центральные электросети.

Произведя технико-экономические расчеты для проектируемого энергоэффективного здания, сведем все полученные расчетные значения в таблицу 8.

**Технико-экономические данные
комбинированной инженерной системы**

Характеристика	Значение
Потребляемый энергоресурс	Электричество
Первоначальные затраты	2 500 000 руб.
Объем потребления внешних энергоресурсов	21400 кВт*час
Уровень внешнего энергопотребления	82, 3 кВт*ч/м ² год
Годовые эксплуатационные затраты на 2014 г.	50 000 руб.
Годовые эксплуатационные затраты на 2029 г.	120 000 руб.
Период окупаемости	20 лет

Согласно полученным расчетным данным технико-экономического анализа инженерного оборудования для энергоэффективного дома, были сделаны следующие выводы:

- использование теплового насоса в качестве основного теплового источника позволит сократить уровень внешнего энергопотребления со среднего значения по стране в 382,2 кВт*ч/м² год до 82 кВт*ч/м² год;
- для повышения экономической эффективности работы теплового насоса в климатических условиях Дальнего Востока рекомендуется установка пластинчатого рекуператора. Данное решение позволит сократить первичные и эксплуатационные затраты на 20-30 %;
- использование солнечной тепловой энергии для системы ГВС нерентабельно, так как стоимость одного солнечного коллектора превышает суммированные эксплуатационные затраты на систему ГВС при использовании теплового насоса. Период окупаемости солнечного коллектора находится за пределами срока эксплуатации подобного оборудования;
- в современных экономических условиях России использование солнечных автономных систем электроснабжения для полного или частичного замещения экономически нерентабельно, так как затраты на покупку и монтаж оборудования превышают суммарные затраты за 25 лет на покупку электроэнергии от центральных электросетей.

Список использованных источников

1. Проект Программы развития Организация Объединенных Наций и Глобального экологического фонда // Основные положения по энергоэффективности зданий: цифры и факты [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://undpreeb.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=23%3A2.htm (дата обращения: 20.04.2015).
2. Использование энергии и энергоэффективность в российском жилищном секторе. М.: Москва, 2014. 37 с.
3. Министерство энергетики Российской Федерации // Энергоснабжение и энергоэффективность [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru/activity/energoeffektivnost> (дата обращения: 20.04.2015).
4. Институт пассивного дома // Пакет проектирования пассивного дома 2007 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.passiv-rus.ru/software/item/12-paket-proektirovaniya-passivnogo-doma-2007> (дата обращения: 20.04.2015).
5. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. – Взамен СНиП 23-02-2003. Введ. 2012-01-01. М.: Москва, 2012. 4 с.
6. Тепловые насосы «Mammoth» // Тепловые насосы Вода-вода С серия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mammoth-russia.ru/prod03.shtml> (дата обращения: 25.04.2015).
7. Mitsubishi Electric // Приточно-вытяжные установки Лоссней. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mitsubishi-aircon.ru/product/products/lossnay.shtml> (дата обращения: 25.04.2015).
8. Свет-Дв. Солнечные коллекторы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://svetdv.ru/teplo/index.shtml> (дата обращения: 25.04.2015).
9. Свет-Дв. Солнечные батареи [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://svetdv.ru/sun/index.shtml> (дата обращения: 25.04.2015).