

## Литература

1. Мусеев Л.Л., Сливной В.Н. Распределенная генерация энергии – фактор повышения энергетической безопасности региона // Ползуновский вестник. – 2004. – № 1. – С.226–229.
  2. Тарасенко В.В. Оптимизация развития и функционирования системы энергоснабжения с распределенной генерацией: дис. ... канд. техн.наук. – Челябинск, 2012. – 154 с.
  3. Водяников В.Т. Экономическая оценка проектных решений в энергетике АПК. – М.: КолосС, 2008. – 263 с.
  4. Шерьязов С.К. Возобновляемые источники в системе энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей. – Челябинск: Изд-во ЧГАУ, 2008. –300 с.
  5. Шерьязов С.К., Шелубаев М.В. Принципы разработки ветропарка в системе сельского электроснабжения // Вестник КрасГАУ. – 2012 – № 10. – С.184–187.
  6. Инвестиционный бизнес: учеб. пособие / под общ. ред. Ю.В. Яковцева. – М.: Изд-во РАГС, 2002. – 342 с.
- 

УДК 697

**Я.А. Кунгс, Н.В. Цугленок, О.Н. Животов, Е.Ю. Таран,  
А.Б. Шаталов, С.А. Кузнецов, А.С. Шклярук**

### МАЛЫЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ЖИЛОЙ ДОМ (ЭСКИЗНЫЙ ПРОЕКТ)

*В статье приведен эскизный проект малого энергоэффективного жилого дома, в котором предполагается использование только возобновляемых источников энергии: солнечного излучения для получения тепловой и электрической энергии и геотермальной энергии для обогрева дома. Приведены основные экономические показатели: капитальные затраты и эксплуатационные расходы.*

**Ключевые слова:** энергоэффективность, нетрадиционные источники энергии, тепловой насос, экономия энергии.

*Ya.A. Kungs, N.V. Tsuglenok, O.N. Zhivotov, E.Yu.Taran,  
A.B. Shatalov, S.A. Kuznetsov, A.S. Shklyaruk*

### SMALL ENERGY-EFFICIENT APARTMENT BUILDING (DRAFT DESIGN)

*The draft design of the energy-efficient small apartment building where it is supposed to use only renewable energy sources: solar radiation to produce heat and electric energy and geothermal energy to heat the house is presented in the article. The main economic indices: capital costs and operating costs are given.*

**Key words:** energy efficiency, non-traditional energy sources, heat pump, energy saving.

---

**Введение.** Одной из современных тенденций жилищного строительства является разработка и конструирование зданий, в которых комфорт планировочных решений сочетался бы с экологичностью и энергоэффективностью [1, 2].

Основной принцип проектирования энергоэффективного дома – поддержание комфортной внутренней температуры без применения систем отопления и вентиляции за счет максимальной герметизации здания и использования альтернативных источников энергии.

С планировочной точки зрения это 1–3-этажные дома, объемная структура которых проектируется максимально компактной с возможно меньшей изрезанностью фасада, что уменьшает площадь наружных ограждений и снижает тем самым теплопотери через них. Обязательным условием является наличие входного тамбура. Ориентация дома – широтная, окнами на юг, так как основным источником тепла для обогрева дома является солнечная энергия. Затененность дома деревьями и другими строениями исключается.

С точки зрения инженерных систем предполагается использование только возобновляемых источников энергии: солнечного излучения для получения тепловой энергии для горячего водоснабжения, а совместно с энергией ветра электрической энергии, геотермальной энергии для обогрева жилых и технологических помещений.

Общая схема использования нетрадиционных источников энергии приведена на рисунке 1.



Рис. 1. Общая схема использования нетрадиционных источников энергии

Потребителями тепловой энергии здесь являются система горячего водоснабжения, приточно-вытяжная установка с рекуператором и приточная вентиляция. Потребителями электроэнергии являются асинхронный электродвигатель переменного тока компрессора теплового насоса, освещение дома и другие бытовые потребители.

Общая схема получения электроэнергии для вышеперечисленных нужд приведена на рисунке 2.

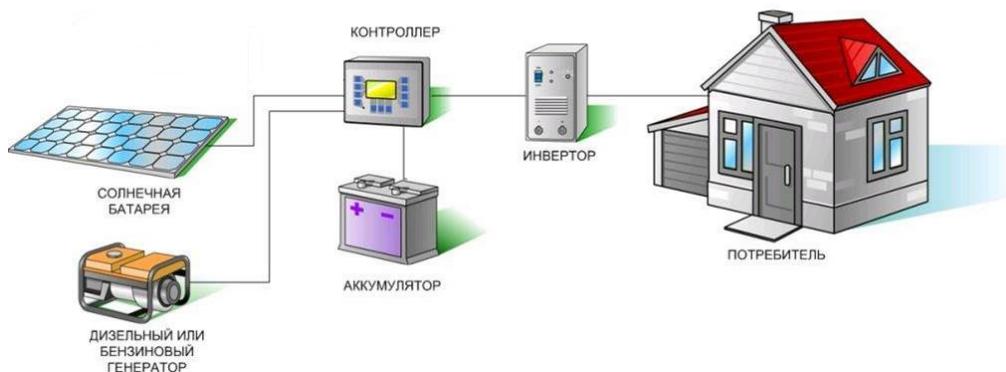


Рис. 2. Общая схема получения электроэнергии

Солнечная батарея через контроллер подключена к буферной аккумуляторной батарее для запасания энергии к инвертору, который преобразует постоянный ток батарей в трехфазный переменный ток частотой 50 Гц и напряжением 380 В для питания двигателя компрессора теплонасосной установки и других потребителей переменного тока.

Общая схема теплоснабжения дома от солнечного коллектора и тепловой насосной установки приведена на рисунке 3.

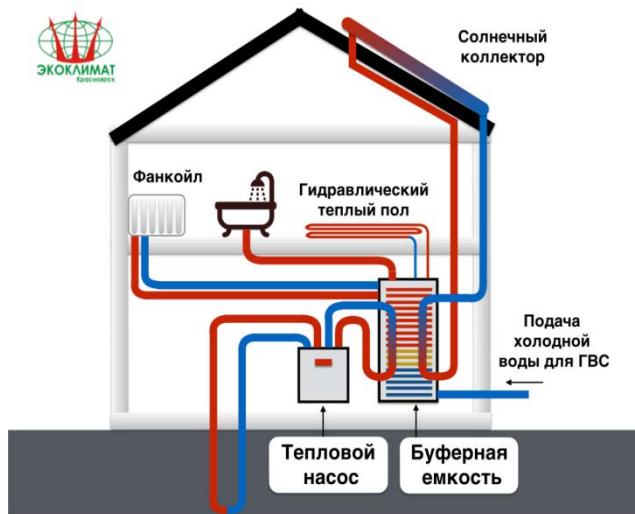


Рис. 3. Общая схема теплоснабжения дома от солнечного коллектора и тепловой насосной установки

Основной системой для обеспечения отопления, горячего водоснабжения, кондиционирования является одно устройство – **геотермальный тепловой насос**. Данная система использует 80 % энергии из нетарифицируемого источника – тепла земли. На 1 кВт затраченной электрической энергии тепловой насос вырабатывает от 4 до 7 кВт полезной тепловой мощности. Для повышения эффективности мероприятий по снижению расходов на теплообеспечение предполагается использовать солнечные гелиоколлекторы, тем самым время работы теплового насоса в солнечные дни будет минимальным. Приготовление горячей воды осуществляется попутно за счет емкости косвенного нагрева, которая встроена в тепловой насос. К этой же емкости подключаются гелиоколлекторы. Система полностью автономна и не требует участия человека в процессе работы.

В основу проектирования положены [3,4]. Здание дома выполнено двухэтажным, с пристройкой для размещения энергетических установок и хозяйственного инвентаря. Три фасада дома приведены на рисунке 4.



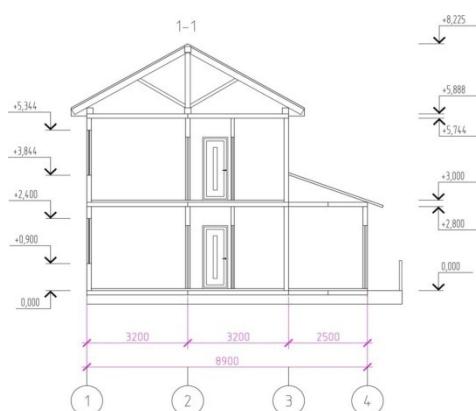
Рис. 4. Три фасада дома

Стены дома выполнены в виде деревянного брусового каркаса, заполнены сэндвич-панелями с утеплителем из пенополиуретана, что позволяет сэкономить до 30–40 % энергии при эксплуатации здания [5]. Трехслойные панели с пенополиуретановым наполнителем производятся на Дивногорском предприятии «Пионер».

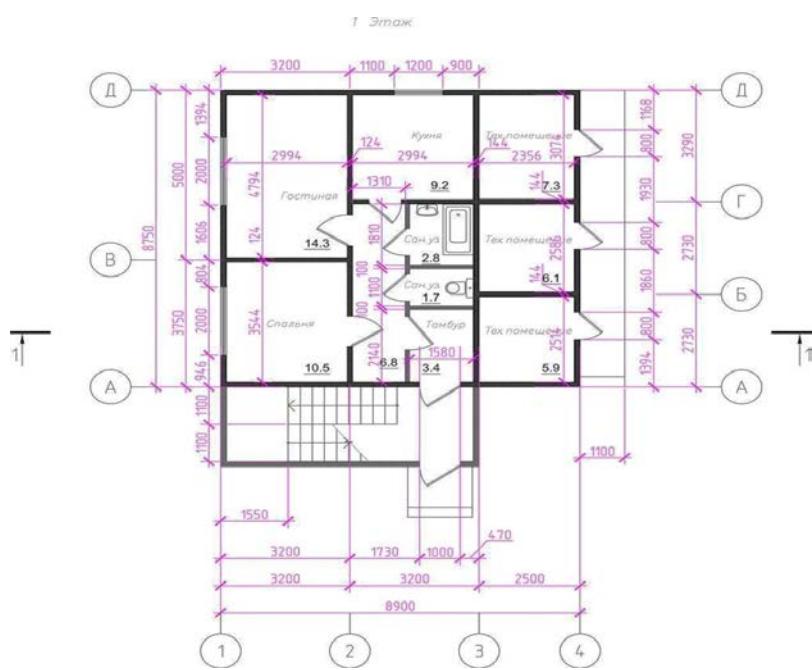
Характерными свойствами пенополиуретана являются:

- самый лучший коэффициент теплопроводности (0,022 Вт/кв.м К0);
- однородная структура наполнителя по всему объему формы;
- малый вес (40–45 кг/м<sup>3</sup>);
- не гигроскопичны (0,5% в погруженном состоянии 24 часа);
- высокая удельная прочность;
- высокая адгезия;
- стойкость к коррозии, воздействию атмосферных факторов, радиации;
- не подвержены гниению и распространению грибка;
- в материале не живут грызуны;
- экологичен, не токсичен;
- долгий эксплуатационный срок (не менее 50 лет).

Каркас дома показан на рисунке 5, а размещение комнат на рисунке 6 (разрез этажа).



*Рис. 5. Каркас дома*



*Рис. 6. Размещение комнат*

На рисунке 7 показан вариант тепловой схемы, установленной в здании.

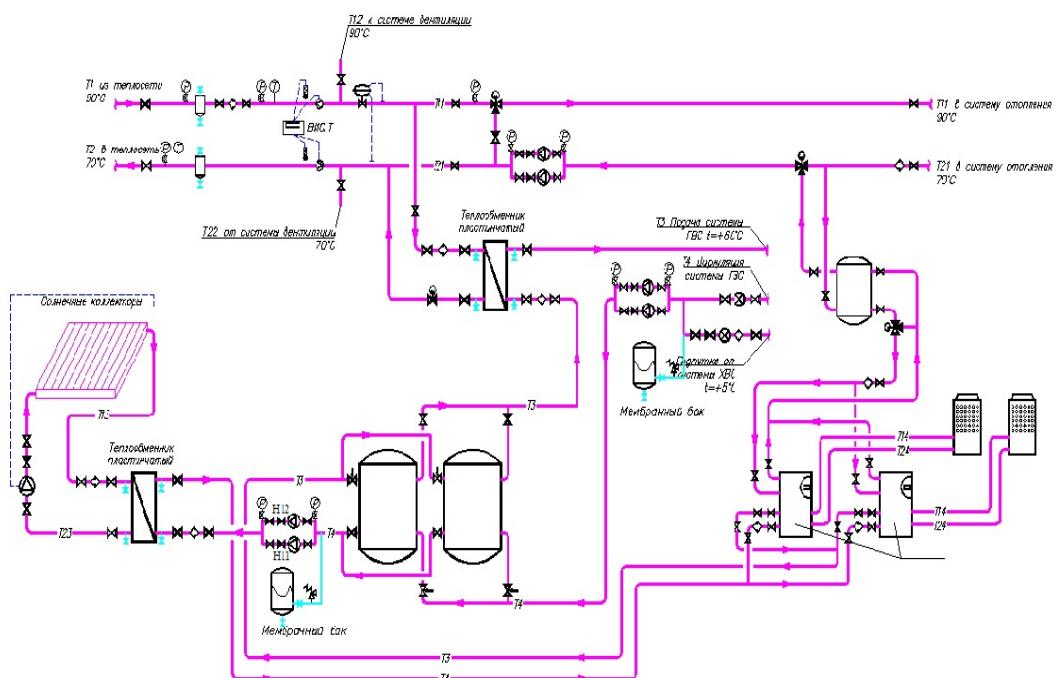


Рис. 7. Термовая схема

Тепловая схема включает:

## Обозначения

- |     |   |
|-----|---|
| T1  | Подающий трубопровод тепловой сети                    |
| T2  | Обратный трубопровод тепловой сети                    |
| T3  | Подающий трубопровод ГВС                              |
| T4  | Обратный трубопровод ГВС                              |
| T11 | Подающий трубопровод системы отопления                |
| T21 | Обратный трубопровод системы отопления                |
| T12 | Подающий трубопровод к системе вентиляции             |
| T22 | Обратный трубопровод от системы вентиляции            |
| T13 | Подающий трубопровод р-ра этиленгликоля в гелиосистем |
| T23 | Обратный трубопровод р-ра этиленгликоля в гелиосистем |
| T14 | Подача теплоносителя от наружного блока               |
| T24 | Возврат теплоносителя в наружный блок                 |



По предварительной оценке затраты на строительство малого энергоэффективного жилого дома будут составлять:

Строительно-монтажные работы 1500 тыс. руб.:  
- фундамент 150 тыс. руб.:

- коробка 850 тыс. руб.;
- кровля 200 тыс. руб.;
- чистовая отделка, мебель 300 тыс. руб.;
- инженерное оборудование 3000 тыс. руб.

Стоимость проектно-изыскательских работ 1000 тыс. руб.

На рисунке 8 и в таблице приведен сравнительный анализ различных систем отопления, горячего водоснабжения и кондиционирования при необходимой тепловой мощности 10 кВт.

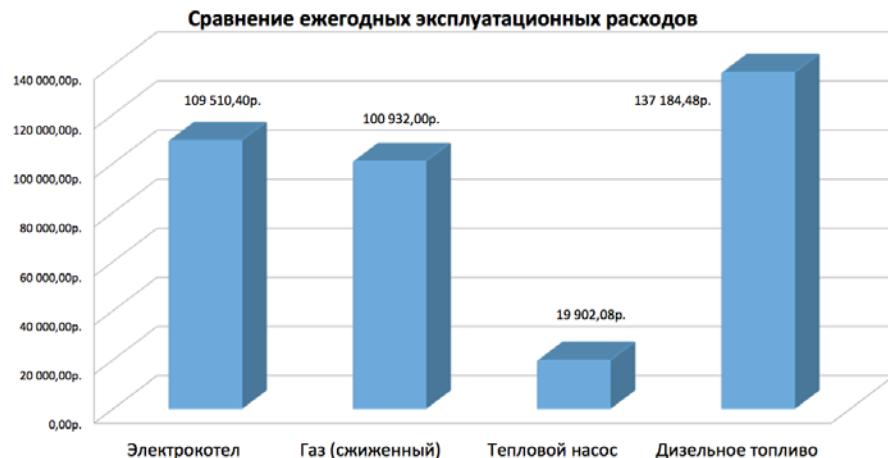


Рис. 8. Сравнительный анализ различных типов систем отопления, горячего водоснабжения и кондиционирования

#### Сравнительный анализ различных типов систем отопления, горячего водоснабжения и кондиционирования

##### Едино разовые расходы (проектирование, монтаж оборудования)

Разовые расходы и сроки реализации	Электрокотел	Газ (сжиженный)	Тепловой насос (горизонтальный контур)	Дизельное топливо
Необходимая тепловая мощность оборудования, кВт	10	10	10	10
Стоимость ТУ, руб.	10 000р.	0р.	0р.	0р.
Согласование и организация подключения к централизованной магистрали, руб.	80 000р.	0р.	0р.	0р.
Сроки согласования и подключения и монтажа системы, мес.	3-6	3-6	1-3	1-3
Стоимость проектирования, поставки и монтажа теплового оборудования (с приготовлением ГВС) "под ключ", руб.	120 000р.	350 000р.	1 186 000р.	330 000р.
Стоимость проектирования, поставки и монтажа оборудования для кондиционирования, руб.	60 000р.	60 000р.	0р.	60 000р.
Стоимость системы управления климатом "Умный дом", руб.	50 000р.	86 000р.	Встроена в основное оборудование	86 000р.
Срок эксплуатации климатического оборудования, лет	5	10	25	10
Итого разовые расходы на установку оборудования, руб.	320 000р.	496 000р.	1 186 000р.	476 000р.

##### Ежегодные эксплуатационные расходы

Тип отопления	Электрокотел	Газ (сжиженный)	Тепловой насос	Дизельное топливо
Продолжительность отопительного сезона, час	5 616	5 616	5 616	5 616
Необходимая тепловая мощность оборудования, кВт	10	10	10	10
Потребление тепла в сезон, кВт	26 957	26 957	26 957	26 957
Стоимость 1 кВт тепла, с учетом КПД котла, руб.	3,00	2,50	0,60	3,60
Годовые затраты на отопление, руб.	80 870,40р.	67 392,00р.	16 174,08р.	97 044,48р.
Годовые затраты на горячую воду, руб.	18 000,00р.	15 000,00р.	Учтено в отоплении	21 600,00р.
Затраты на работу циркуляционных насосов в год, руб./год	1 100,00р.	1 100,00р.	Учтено в отоплении	1 100,00р.
Затраты на кондиционирование в год, руб./год	8 640,00р.	8 640,00р.	1 728,00р.	8 640,00р.
Эксплуатационные затраты в год (оплата сотруднику), руб./год	Не требуется	0,00р.	Не требуется	0,00р.
Обслуживание и сезонные работы, руб./год	2 000,00р.	9 900,00р.	2 000,00р.	9 900,00р.
Итого, затраты на теплоснабжение, руб./год	80 870,40р.	67 392,00р.	16 174,08р.	97 044,48р.
Итого, затраты на горячее водоснабжение, руб./год	18 000,00р.	15 000,00р.	Учтено в отоплении	21 600,00р.
Итого, затраты на кондиционирование, руб./год	8 640,00р.	8 640,00р.	1 728,00р.	8 640,00р.
Итого, эксплуатационные затраты руб./год	109 510,40р.	100 932,00р.	19 902,08р.	137 184,48р.

**Исходные данные:**

<b>Наименование объекта</b>	<b>Коттедж</b>
<b>Площадь внутри ограждающих конструкций, м<sup>2</sup></b>	<b>154</b>
<b>Необходимость подогрева воды для горячего водоснабжения</b>	<b>Да</b>
<b>Необходимость системы кондиционирования</b>	<b>Нет</b>
<b>Минимальная температура внешнего воздуха, град. С</b>	<b>-40</b>
<b>Температура внутри помещения, град. С</b>	<b>21</b>
<b>Необходимая тепловая мощность оборудования, кВт</b>	<b>10</b>

**Предлагаемая конфигурация оборудования**

<b>Выдаваемая мощность теплового пункта, кВт</b>	<b>10</b>
<b>Количество тепловых тепловых насосов, шт.</b>	<b>1</b>
<b>Тепловая мощность 1 теплового насоса, кВт</b>	<b>7,51</b>
<b>Наличие системы пикового догрева теплоносителя/мощность, кВт</b>	<b>Да/3</b>
<b>Подогрев воды для системы горячего водоснабжения</b>	<b>Да</b>
<b>Наличие функции кондиционирования</b>	<b>Нет</b>
<b>Наличие системы рекуперации тепла</b>	<b>Нет</b>

**Выводы.** По эскизному проекту малого энергоэффективного жилого дома, предназначенного для сельскохозяйственных районов, не имеющих линий электроснабжения, можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее энергоэффективной является конструкция жилого дома, выполненная в виде деревянного каркаса, заполненного сэндвич-панелями с пенополиуретановым наполнителем, что позволяет экономить до 30–40 % энергии при эксплуатации здания;

2. Рекомендуемой системой энергоснабжения дома является использование комбинированной системы, включающей геотермальный тепловой насос и тепловые солнечные панели – для получения тепловой энергии и полупроводниковые солнечные батареи – для получения электрической энергии.

3. Сравнительный анализ различных типов систем отопления, горячего водоснабжения и кондиционирования показывает, что лучшим вариантом является система с тепловым насосом. При этом эксплуатационные издержки в 15 раз ниже таких систем, как электрокотел, сжиженный газ и дизельное топливо.

**Литература**

1. Жигулева А.Ю. Энергоэффективные жилые дома. Мировая и отечественная практика проектирования и строительства // Градостроительство. – 2012. – № 2(18).
2. Широков Е.И. Экодом нулевого энергопотребления – реальный шаг к устойчивому развитию // Архитектура и строительство России. – 2009. – № 2. – С. 35–39.
3. Кузнецов А. Проектирование энергосберегающих зданий // Проектные и изыскательские работы в строительстве. – 2010. – № 1. – С. 15–20.
4. Зайцев И. Пассивный дом – мечта или повседневность? // Технологии строительства. – 2008. – № 4. – С. 36–39.
5. Иванова Н. Энергоэффективные дома // Загородное обозрение. – 2011. – № 11. – С. 10–12.

