

УДК 620.92

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ДОМ С НЕТРАДИЦИОННЫМИ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

Кряклина И.В., Шешунова Е.В., Грек И.Л

ФГБОУ ВПО «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия», Ярославль, Россия (150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, д. 58), yaragrovuz.ru

Предложено для энергоснабжения энергоэффективного дома использовать нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Энергоэффективный комфортабельный экологический дом — это сооружение, целью которого является обеспечение комфортных условий для проживания людей, минимальное энергопотребление и соблюдение экологической безопасности для окружающей среды. Современные теплоизоляционные материалы позволяют снизить потери тепла дома до 30 кВт/м² в год. Предложено полностью заменить использование традиционных источников энергии возобновляемыми и нетрадиционными источниками: отопление с помощью теплового насоса, горячее водоснабжение с помощью гелиоустановки и теплового насоса, холодоснабжение для хранения продуктов в хранилище с использованием теплового насоса, кондиционирование воздуха с применением рекуператора и теплового насоса, электроснабжение с использованием ветроэнергетической установки и солнечных батарей, газоснабжение с применением биогазовой установки, использование рекуператора тепла с грунтовым теплообменником для утилизации тепла вентиляционного воздуха. В результате расчета необходимых мощностей подобрано оборудование для применения нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Определена экономическая эффективность использования возобновляемых источников энергии по сравнению с традиционными источниками.

Ключевые слова: энергоэффективный дом, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, энергосбережение, экономическая эффективность.

THE POWER EFFECTIVE HOUSE WITH NONCONVENTIONAL AND RENEWABLE ENERGY SOURCES

Kryaklina I.V., Sheshunova E.V., Grek I.L.

Yaroslavl state agricultural academy, Yaroslavl, Russia (150042, Yaroslavl, Tutaevsky highway, 58), yaragrovuz.ru

It is offered to use for power supply of the power effective house nonconventional and renewable energy sources. The power effective comfortable ecological house — this construction which purpose is providing comfortable conditions for accommodation of people, the minimum power consumption and observance of ecological safety for environment. Modern heat-insulating materials allow to reduce losses of heat of the house to 30 kW/sq.m a year. It is offered to replace completely use of traditional power sources by renewable and nonconventional sources: heating by means of the thermal pump, hot water supply by means of a solar power plant and the thermal pump, cold supply for storage of products in storage with use of the thermal pump, air conditioning with application of a recuperator and the thermal pump, power supply with use of wind power installation and solar batteries, gas supply with application of biogas installation, use of a recuperator of heat with the soil heat exchanger for utilization of heat of ventilating air. As a result of calculation of necessary capacities the equipment for application nonconventional and renewables is picked up. Economic efficiency of use of renewables in comparison with traditional sources is defined.

Keywords: power effective house, nonconventional and renewable energy sources, energy saving, economic efficiency.

В настоящее время цены на энергоносители постоянно повышаются, соответственно, растет цена на тепло и электрическую энергию. Общая жилая площадь используемых зданий в России равна 5 млрд кв. метров. На отопление только жилых домов расходуется 400 млн тонн условного топлива в год или более одной трети добываемых энергоресурсов страны. Эта проблема особенно остро стоит в сельской местности, в которой зачастую отсутствует газоснабжение и теплоснабжение от магистральных газопроводов и теплопроводов, а также существуют перебои с электроснабжением. Поэтому строительство недорогого

энергоэффективного комфортабельного жилья является важной задачей для привлечения молодых специалистов в сельскую местность.

Цель исследования – установление экономической эффективности применения нетрадиционных и возобновляемых источников энергии для энергоснабжения энергоэффективного дома в сравнении с традиционными видами энергии.

Энергоэффективный комфортабельный экологический дом — это сооружение, целью которого является обеспечение комфортных условий для проживания людей, минимальное энергопотребление и соблюдение экологической безопасности для окружающей среды [1].

В энергоэффективном доме используются технологии, направленные на:

- снижение потерь тепла;
- рациональное использование энергоресурсов;
- самостоятельную выработку электроэнергии;
- внедрение автоматизированных систем управления.

Первые проектами энергоэффективных домов занялись в США. В настоящее время наиболее успешно ведется работа по строительству энергоэффективных зданий в Европе - регионе, самом зависимом от ввозимых энергоносителей. Опыт европейских стран говорит о том, что даже в жилых зданиях, построенных по старым нормам, можно уменьшить потери энергии.

В Европе существует такая классификация зданий по энергопотреблению [1]:

1. «Старое здание» (до 1970-х годов) потребляет $300 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ в год.
2. «Новое здание» (с 1970-х до 2000 года) потребляет не более $150 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ в год.
3. «Дом низкого потребления энергии» потребляет не более $60 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ в год.
4. «Пассивный дом» потребляет не более $15 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ в год.
5. «Дом нулевой энергии» потребляет $0 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ в год.
6. «Дом плюс энергии» или «активный дом» вырабатывает энергии больше, чем потребляет, в результате использования возобновляемых источников энергии.

Во всём мире к 2010 году построено более 8000 пассивных домов, в том числе детских садов, школ, магазинов, офисных зданий. Многие из них расположены в Европе. В таких европейских странах, как, например, Дания, Германия и Финляндия, разработаны специальные государственные целевые программы по постройке домов ультранизкого потребления — порядка $30 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ в год.

В районах России с континентальным климатом технология строительства энергоэффективных домов не всегда позволяет обойтись без активного отопления и охлаждения. В существующих зданиях велики тепловые потери через ограждающие

конструкции - крыши, стены, пол, окна. Например, тепловые потери обыкновенного кирпичного здания составляют 250-350 кВт/ч с кв. м площади в год.

По внедрению энергоэффективных технологий Россия сильно отстает от европейских стран. Сегодня в нашей стране нулевых домов не наберется и десятка, да и те построены энтузиастами.

В энергосберегающих домах и домах с улучшенными показателями энергосбережения, в которых реализованы высокие технологии, благодаря хорошей теплоизоляции греющее тепло почти не улетучивается через стены и окна. Следовательно, резко снижаются тепловые потери через наружные ограждения. Доля вентиляционной тепловой нагрузки значительно возрастает, и она становится решающим фактором для дальнейшей экономии энергии. Воздухообмен устанавливается на фактическую потребность в зависимости от количества людей в здании. По нормам воздухообмена для жилых помещений на одного человека необходим расход приточного воздуха 60 м³/ч. Это позволяет экономить энергию отопления и обеспечивает создание комфортных условий для человека. Регенерация более 90% тепла позволяет свести к минимуму вентиляционную тепловую нагрузку и снизить затраты на отопление.

В обычных домах вентиляция происходит в результате естественного движения воздуха. Он проходит в помещение через форточки в окнах и затем удаляется вентиляционными системами, которые расположены в комнатах, кухнях и санузлах. В энергоэффективных домах рекомендуется применять герметичные звукоизолирующие мультистеклопакеты. Утилизацию тепла вентиляционного воздуха предлагаем производить с помощью рекуператора с использованием грунтового теплообменника, который служит для предварительного нагрева приточного воздуха, поступающего в рекуператор.

Грунт поверхностных слоев Земли – это природный аккумулятор тепла, он нагревается солнечной радиацией. На глубине около 3 м температура почвы в течение года практически не изменяется: зимой - от +5 до +7 °С, а летом - от +10 до +12 °С. В зимний период грунтовой теплообменник может нагреть приточный воздух, поступающий в помещение, на температуру больше 0 °С, а в летний период – охладить до +18 - +20 °С.

Рекуперационная система состоит из приточно-вытяжной установки с пластинчатым рекуператором, двумя вентиляторами и грунтовым теплообменником. Грунтовой теплообменник представляет собой трубу, внутри которой движется приточный воздух, нагреваясь через стенки теплом грунта. Наружный воздух подходит уже подогретым к рекуператору. При рациональном размещении воздухопроводов можно отобрать у грунта значительное количество тепловой энергии при сравнительно небольших затратах электроэнергии, необходимой для работы вентиляторов. Диаметр и длина воздуховода

определяется в зависимости от расхода воздуха и уровня капитальных и эксплуатационных затрат. Эксплуатационные затраты таких систем равны затратам на работу приточно-вытяжных вентиляторов и затратам по периодической замене фильтров.

Для средней полосы России в зимний период среднесуточная температура на протяжении 80 дней составляет $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для доведения ее до комфортной необходимо нагревать воздух до $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. При отсутствии системы утилизации тепла необходим нагрев воздуха на температуру $\Delta t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$. При использовании грунтового теплообменника происходит подогрев наружного воздуха до температуры $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\Delta t = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$). При последующем использовании приточно-вытяжной установки с пластинчатым рекуператором воздух подогревается до $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\Delta t = 7\text{ }^{\circ}\text{C}$). Приточно-вытяжной агрегат работает в разные периоды времени с разной производительностью. Принимаем, что 50% времени система вентиляции работает с полной производительностью.

В межсезонье на протяжении 180 дней среднесуточная температура составляет $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для доведения ее до комфортной необходимо нагревать воздух до температуры $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. При отсутствии системы утилизации тепла необходимо нагревать воздух на $\Delta t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$. При использовании грунтового теплообменника происходит нагрев наружного воздуха до температуры $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\Delta t = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$). При дальнейшем использовании пластинчатого рекуператора воздух подогревается до $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\Delta t = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$).

В летний период на протяжении 60 дней среднесуточная температура составляет около $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$, но в это время днем температура на протяжении примерно 8 часов равна $+26\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для охлаждения воздуха до температуры $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ обычно используются кондиционеры. Их холодильная мощность должна обеспечить охлаждение на $\Delta t = 6\text{ }^{\circ}\text{C}$. При использовании грунтового теплообменника воздух предварительно охлаждается до $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\Delta t = 4\text{ }^{\circ}\text{C}$). Летом рекуператор не используется, воздух проходит по байпасной линии. Принимаем, что холодильная установка работает на полную мощность 70% времени в течение 8 часов в сутки.

Концепция энергоэффективного дома предусматривает сбережение природных ресурсов. С этой целью необходимо применять возобновляемые и нетрадиционные источники энергии [2].

Для подтверждения целесообразности и экономической эффективности строительства энергоэффективного жилья в сельской местности произведены экономические расчеты. В качестве примера взят энергоэффективный дом площадью 280 кв. м на две семьи из 10 человек.

Для энергоэффективного дома использованы современные теплоизоляционные материалы, позволяющие снизить потери тепла до 30 кВт/м^2 в год.

Для нашего энергоэффективного дома предлагаем полностью заменить использование традиционных источников энергии возобновляемыми и нетрадиционными источниками [3]:

- отопление с помощью теплового насоса (теплые полы);
- горячее водоснабжение с помощью гелиоустановки или теплового насоса;
- холодоснабжение для хранения продуктов в хранилище с использованием теплового насоса;
- кондиционирование воздуха с использованием рекуператора и теплового насоса;
- электроснабжение с использованием ветроэнергетической установки и солнечных батарей;
- газоснабжение с использованием биогазовой установки;
- использование рекуператора тепла с грунтовым теплообменником для утилизации тепла вентиляционного воздуха.

Определены необходимые виды энергии и стоимость оборудования для такого дома и подсобного хозяйства. В результате расчета необходимых мощностей подобрано оборудование для энергоэффективного дома, которое представлено в таблице 1.

Таблица 1 - Стоимость оборудования, использующего возобновляемые источники энергии, для энергоэффективного дома площадью 280 кв. м

| № | Наименование оборудования | Стоимость, тыс. руб. |
|---|--|----------------------|
| Электроэнергия (электрооборудование) | | |
| 1 | Ветроэнергетическая установка, 1 кВт | 35 |
| 2 | Солнечные батареи, 600 Вт | 28 |
| 3 | Дизель-генератор (резервный), 1 кВт | 20 |
| Биогазовое топливо (приготовление пищи, содержание коров) | | |
| 4 | Биогазовая установка, (9,5 м ³ газа в месяц) | 30 |
| Горячее водоснабжение | | |
| 5 | Гелиоустановка, 15 м ³ горячей воды месяц (аккумулятор - 500 л) | 55,7 |
| Отопление (охлаждение) | | |
| 6 | Тепловой насос, 1,2 кВт | 30 |
| Рекуперация тепла системы вентиляции | | |
| 8 | Рекуператор с грунтовым теплообменником | 50 |
| Итого: | | 248,7 |

Произведен расчет экономической эффективности использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии для энергоснабжения энергоэффективного дома в сравнении с применением традиционных видов энергии. Результаты расчета представлены в таблице 2.

Для определения интегрального экономического эффекта использованы готовые коэффициенты дисконтирования, полученные из отношения для каждого года: $k = \frac{1}{(1+E)^n}$,

где n – порядковый номер каждого года жизни проекта. При жизненном цикле проекта в течение 5 лет нормативный коэффициент окупаемости капитальных вложений будет на уровне $E = 0,2$.

Таблица 2 - Результаты экономической эффективности использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии для дома площадью 280 кв. м

| Показатели | Базовый вариант | Предлагаемый вариант | +/- к базовому варианту |
|---|-----------------|----------------------|-------------------------|
| Капитальные затраты, руб. | 119500 | 248700 | +129200 |
| Затраты электроэнергии, кВт·ч | 5520 | 1051,2 | -4468,8 |
| Затраты на электроэнергию, руб. | 22168 | 2574 | -19594 |
| Затраты на газообразное топливо, руб. | 105300 | - | +105300 |
| Дополнительные затраты на содержание оборудования: - ремонт и техническое обслуживание; - амортизация | 7850 | 24870 | -17020 |
| Срок окупаемости, лет | | | 2,9 |
| Чистый доход, руб. | | | 93700 |
| Интегральный экономический эффект с учетом фактора времени, руб. | | | 66850 |
| Дисконтированный срок окупаемости, лет | | | 4 |

Полученные результаты показывают экономическую эффективность использования нетрадиционных источников энергии для энергоэффективного дома площадью 280 кв. м на

две семьи из 10 человек [4-6]. Она составила 93700 руб., срок окупаемости капитальных вложений - 2,9 года.

Таким образом, экономические расчеты подтверждают необходимость строительства недорогого комфортабельного энергоэффективного жилья экономкласса в сельской местности с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

Список литературы

1. Кряклина И.В., Краснов С.А., Краснов В.С., Загребельный М.Н., Лисиенков И.Д. Концепция энергоэффективного интеллектуального дома с ВИЭ для различных слоев населения в агломерации мегаполисов // Стратегия развития мегаполиса (некоторые аспекты). Взгляд в 2014 год. Международная конференция. - М. : Информиздат, 2012. - С. 48-55.
2. Кряклина И.В., Краснов С.А., Шешунова Е.В. Возобновляемые источники энергии, экология и энергоэффективность / С.А. Краснов, И.В. Кряклина, Е.В. Шешунова. Ярославское региональное отделение Международной академии информатизации. – Ярославль, 2012. - 209 с. (Рукопись депонирована в ВИНТИ 08.02.12, № 59-В 2012).
3. Кряклина И.В., Краснов С.А. Расчет и методы оптимизации параметров возобновляемых источников энергии / И.В. Кряклина, С.А. Краснов. Ярославское региональное отделение Международной академии информатизации. – Ярославль, 2012. - 200 с. (Рукопись депонирована в ВИНТИ 12.10.12, № 392-В2012).
4. Кряклина И.В., Медянцеv В.А. Экономическая эффективность использования гелиоустановок для горячего водоснабжения и отопления дома фермера // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2013. - № 2. - С. 116-119.
5. Кряклина И.В., Медянцеv В.А. Экономическая эффективность использования ветроэнергетической установки для электроснабжения дома фермера // Вестник ВИЭСХ. - 2012. - № 4. - С. 23-25.
6. Кряклина И.В., Медянцеv В.А. Экономическая эффективность использования биогазовой установки для фермерского хозяйства // Вестник АПК Верхневолжья. Ярославль. ФГБОУ ВПО «ЯГСХА». - 2012. - № 4. - С. 70-72.

Рецензенты:

Таршис Ю.Д., д.т.н., профессор, действительный член Международной академии информатизации, г. Ярославль.

Краснов С.А., д.т.н., профессор, президент Ярославского областного отделения МАИ,
г.Ярославль.