

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ АВТОНОМНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

А.О. Погонин

Московский архитектурный институт (Государственная академия), Москва, Россия

Аннотация

В предлагаемой статье рассматриваются особенности формирования жилых зданий автономного типа, использующих возобновляемые источники энергии. Анализируется исторический и современный опыт организации энергоэффективного жилья. Рассматриваются особенности применения автономных энергосистем. Приводится пример экспериментального проекта автономного энергоэффективного жилого модуля.

Ключевые слова: энергоэффективные здания, здания с автономным энергообеспечением, альтернативные возобновляемые источники энергии

FEATURES OF FORMATION OF THE POWER EFFECTIVE AUTONOMOUS RESIDENTIAL BUILDINGS

A. Pogonin

Moscow Institute of Architecture (State academy), Moscow, Russia

Abstract

The formation features of residential buildings of an autonomous type, using renewable energy sources, are discussed in offered article. Historical and modern experience of energy-efficient habitation is analyzed. Features of adaptation of independent power supply systems are considered. An example of a pilot project of autonomous energy-efficient dwelling module is given.

Keywords: power effective buildings, buildings with the autonomous power supply, alternative renewed energy sources

Введение

В связи с острыми экологическими проблемами и проблемами экономики, нехваткой традиционных природных источников получения энергии и тепла, возникает потребность в использовании альтернативных, возобновляемых источников энергии. Разработка современного инженерного технологического оборудования в сфере получения электроэнергии и переработки ее в тепло, в комплексе с мерами по энергосбережению и эффективности, дает возможность индивидуальному жилому дому существовать независимо от централизованных коммунальных сетей, что легко адаптирует его к условиям городской среды, к открытым территориям, к различным природно-климатическим условиям.

Несомненно, одним из важнейших факторов является снижение затрат на отопление и электроэнергию автономного дома. Если рассматривать альтернативные источники энергии и применение их у нас в стране, то стоит отметить, что Россия обладает значительными ресурсами ветровой и солнечной энергии, энергией биомассы. В переводе альтернативных запасов энергии на традиционный источник - нефть, это составит примерно 4,5 млрд. тонн топлива в год. И эта цифра превышает объем всех традиционных энергоресурсов страны в пять раз. Кроме того, достижения науки в этой области дают возможность архитекторам разрабатывать градостроительные, планировочные и конструктивные решения автономных жилых домов с учетом новых технических требований, направленных на улучшение жизни человека. В дальнейшем это дает возможность организации целых автономных энергоэффективных поселков, потребляющих возобновляемые источники энергии.

1. Исторический аспект формирования жилья автономного типа

Одной из первых архитектурных построек в истории человечества является юрта. Отвечающая требованиям мобильного (кочевого) образа жизни и быстрого возведения, она появилась в XII—IX веках до нашей эры и распространилась у кочевников от Восточной Азии до Восточной Европы. Юрта является одним из первых примеров организации автономного дома. Для ее установки требуется один час и три человека. Юрта имела строгие функциональные зоны: мужская, женская, и так называемая «культурная зона», являющаяся самой почетной частью, своего рода гостиной. Как правило, в центре юрты, для лучшей тяги огня и равномерного распределения тепла, располагался очаг. [1] Такое зонирование сохраняется и по сей день. Современные юрты представляют собой более удобную для жилья конструкцию. Например, в американских юртах компании Pacific Yurts из штата Орегон, материал стен – полиэфир, покрытый акрилом, а кровля - из тяжелого винила с открывающимся пластиковым сводом, обеспечивающим циркуляцию воздуха. Главное отличие Pacific Yurts от традиционной юрты - наличие окон. [2]

2. Особенности формирования автономного жилого здания

Новейшие достижения науки и техники в области добычи альтернативной энергии позволяют оснастить автономный дом необходимым инженерным оборудованием для поддержания жизнедеятельности в доме такого типа. Изучение современной западной практики показало, что вопрос проектирования энергоэффективных автономных жилых домов актуален не только в нашей стране. В таких странах как Дания, Нидерланды, Германия и США научные и проектные разработки для перехода на использование возобновляемых источников энергии контролируются и поддерживаются государственными программами. Отечественный опыт также является значимым, так как учитывает географические, климатические и экономические особенности нашей страны и возможности применения автономного типа малоэтажных жилых домов как на освоенной, так и на неосвоенной территории. Система «автономный дом», предложенная В.В. Царевым, предлагает полностью автономную схему энергоэффективного жилого дома, главным источником энергии которой является ветрогенератор, а источником тепла - тепловой насос и солнечные коллекторы. (Рис. 1)

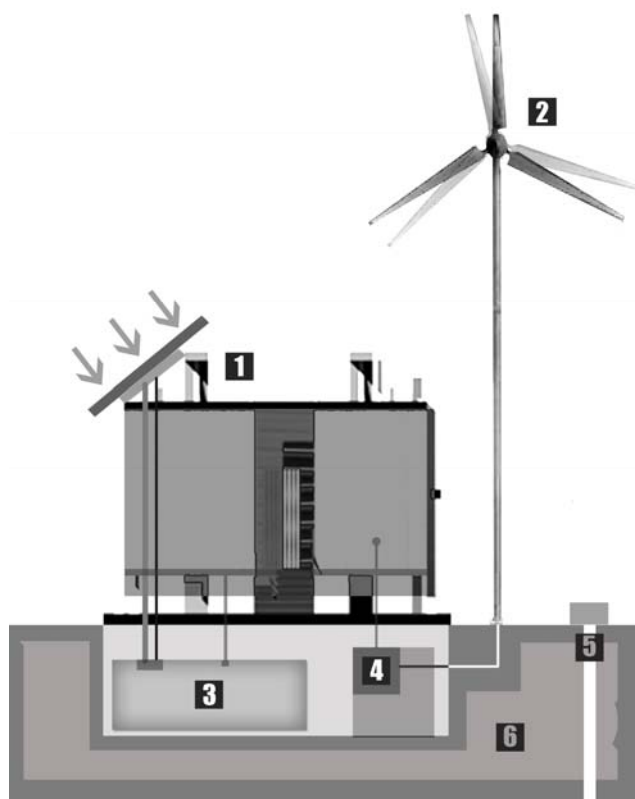


Рис. 1. Схема системы «автономный дом»: 1 - солнечные коллекторы, 2 - ветрогенератор, 3 - тепловой аккумулятор, 4 - тепловой насос, 5 - скважина, 6 - фильтр-сборник дождевой воды

Управление системой осуществляется высокоинтеллектуальной АСУ (автоматизированная система управления). Экономический расчет такой системы показывает, что все затраты окупаются в течении пяти лет, и в дальнейшем владельцу не придется платить за электроэнергию и тепло. Данная система обладает следующими техническими характеристиками:

- количество производимой электроэнергии - 7500 кВт/час в месяц;
- максимальная электрическая мощность - до 60 кВт;
- средняя тепловая мощность - 30 кВт (равняется количеству тепла, получаемого при сжигании 3500 л дизельного топлива в отопительных котлах). [3]

Система автономного энергообеспечения основана на принципах экологической безопасности, экономии природных ресурсов и использования независимого от централизованных сетей инженерного оборудования. В комплексе с энергоэффективными архитектурно-планировочными решениями и с учетом климатических характеристик это дает снижение экономических затрат и улучшение экологической ситуации в целом. Отсюда и следуют определенные принципы формирования автономного жилого дома. Основное требование к автономному дому – экологичность, то есть применение экологически чистых материалов при строительстве и в ходе эксплуатации, утилизация, сортировка и переработка отходов. Экодом должен быть полностью независим от централизованных сетей. Вся энергия, которая требуется для жизнеобеспечения дома, вырабатывается им же самим. А значит - автономный дом должен быть домом «нулевого энергопотребления», то есть, обеспечиваться энергией, теплом и водой только благодаря возобновляемым источникам энергии (энергия солнца, ветра).

Получение тепловой энергии в этом случае осуществляется путем применения солнечных коллекторов, а получение электроэнергии – применением солнечных батарей и ветроустановок. В свою очередь, альтернативные источники энергии могут работать автономно, обеспечивая экологическую безопасность существования и уменьшение расходов на тепло и энергоснабжение. Весь процесс контроля за работой оборудования полностью автоматизирован и управляется компьютером, что приводит к еще меньшим затратам энергии. Данная технология получила название «Умный дом» и основана на передаче команд по средствам передатчиков (контроллеров) и приемников (модулей). Сейчас эта система стала обслуживаться программным обеспечением Activehome, совместимой с Windows, управляемой при помощи инфракрасного пульта или с дисплея. Такая технология способна контролировать все системы-источники получения энергии, обеспечивающие автономный дом электроэнергией, теплом и водой. Основными источниками являются ветрогенераторы, солнечные батареи, специальные преобразователи-инверторы, аккумуляторы, дизель-генераторы. Обычно схема автономной энергосистемы включает в себя:

- основной источник энергии (один или несколько) - генератор на жидком топливе (дизельгенератор), ветрогенератор (ветроэлектрическая установка), солнечный коллектор (генератор) или солнечная фотоэлектрическая панель;
- аккумулятор или аккумуляторную батарею, служащую для возможности непрерывной подачи энергии;
- преобразователь (инвертор) постоянного тока в переменный (напряжение 220В);
- тепловой насос или теплонасосную установку (ТНУ).

Для получения питьевой воды могут использоваться скважины, осуществляться сбор дождевой воды и грунтовых вод, при взаимодействии со специальными угольными фильтрами.

Сохранение и распределение тепла в доме осуществляется путем использования энергоэффективных мероприятий и проектных архитектурно – планировочных решений. Экономия тепла можно достичь правильным выбором планировки дома. Четкое буферное зонирование предполагает ограничение числа отапливаемых помещений, пристройку различных не отапливаемых или частично отапливаемых подсобных помещений вокруг дома. Например, гараж пристраивается по глухой стене, против преобладающего направления ветра, веранда - с востока на запад и теплица - с южной стороны дома. Главная роль по сохранению тепла отводится тепловой инерции дома, которая обеспечивается, так называемой, термической массой – утеплителем, материалом стен и фундамента. Как правило, это природный экологичный местный материал, который обладает высоким сопротивлением. Например, грунтоблоки и дерево. [4]

Среди энергоэффективных мероприятий, применяемых для автономного дома, преобладает использование активных систем в комплексе с пассивными. То есть, применение солнечных батарей в комплексе с теплицами и материалами, дающими возможность сохранить полученное тепло, заметно увеличат его количество и сократят расходы на его производство. Пассивные системы делятся на системы с прямым улавливанием солнечного излучения, поступающего через здание или через примыкающую к южной стене здания солнечную теплицу (зимний сад, оранжерею), и непрямым улавливанием солнечного излучения (теплоаккумулирующая стена, расположенная за остеклением южного фасада). Пассивные системы составляют интегральную часть самого здания, которое проектируется таким образом, чтобы обеспечивать наиболее эффективное использование солнечной энергии. Среди энергоэффективных мероприятий, применяемых для автономного дома, преобладает использование активных гелиосистем в комплексе с пассивными. (Рис. 2)

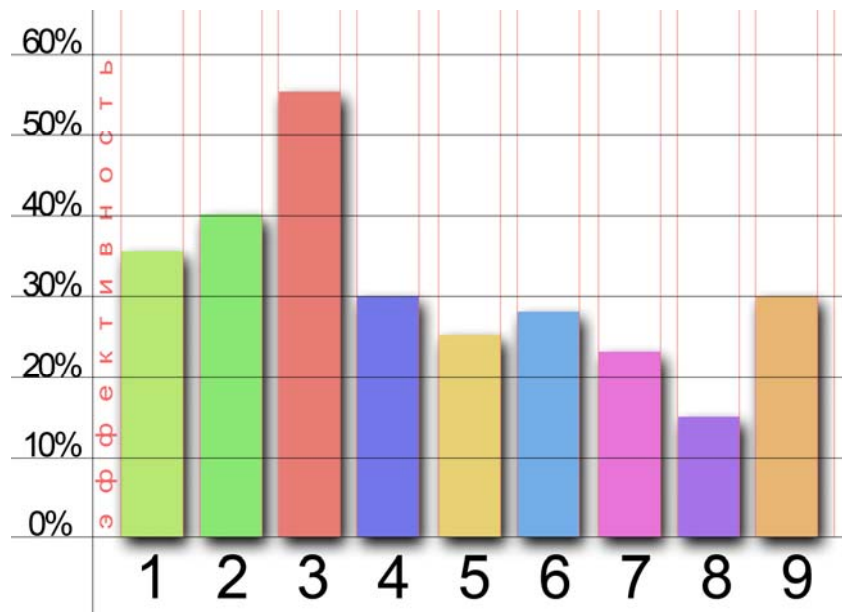


Рис. 2. Комплексный анализ энергоэффективных мероприятий (Онищенко С.В.):

1 - использование блокировки зданий, 2 - пассивное использование солнечной энергии (гелиотеплицы), 3 - применение активных гелиосистем (солнечных коллекторов, ФСМ) в сочетании с пассивными, 4 - применение тепловых насосов, использующих тепло грунта или тепло удаляемого вентиляционного воздуха, 5 - использование систем с автоматическим регулированием температуры внутреннего воздуха, 6 - применение приточно-вытяжных систем с механическим побуждением и с утилизацией тепла отработанного воздуха, 7 - применение систем лучистого отопления, 8 - проектирование воздушных систем отопления, 9 - возведение долговечных зданий (со сроком службы не менее 100 лет)

3. Применение автономных энергосистем

Солнечные коллекторы или солнечные фотоэлектрические панели на основе фотоэлементов, преобразуют солнечную энергию в электрическую. Впервые такие фотоэлектрические генераторы были использованы в космических технологиях на «Спутнике-3» в 1958г. Применение солнечных батарей положило начало фотоэлектрической энергетике, применяемой по двум направлениям: использование батарей малой мощности в качестве питания энергоемких приборов (часы, калькуляторы) и использование батарей большой мощности, для обеспечения электричеством автономных объектов, где солнечные коллекторы используются в системе с аккумуляторами и люминесцентными лампами, обеспечивающими экономичное потребление энергии. В России, в средней полосе, летом приходит примерно 5 кВт/ч энергии солнца на 1 кв. метр. Фотоэлектрические батареи, основанные на кремниевых панелях, способны преобразовывать около 10% от всей энергии солнца в электрическую энергию. [5] Однако доказано, что это не предел.

Для повышения эффективности работы солнечных коллекторов внедряются панели на основе гетеропереходных элементов, КПД которых составляет примерно 40%, что превышает КПД кремниевых панелей в 2-3 раза. Стоит отметить, что солнечные коллекторы являются экологически безопасными источниками энергии, они безвредны для человека и природы. И поэтому каких-либо дополнительных затрат на компенсацию вредных воздействий не требуется, что нельзя сказать про традиционные электростанции.

Существует мнение, что в России в целом, благодаря суровому климату Севера и Сибири, применение солнечных батарей и аккумуляторов неэффективно. Однако, благодаря исследованиям ИВТ РАН, доказано, что в среднем величина солнечной

радиации в течение года более чем на 60% территории нашей страны составляет от 3,5 до 4,5 кВт/ч/м² в день. (Рис. 3)



Рис. 3. Атлас распределения ресурсов солнечной энергии по территории России. Данные Института высоких температур Российской академии наук (ИВТ РАН)

Эти данные получены с учетом угла наклона площадки южной ориентации. Следовательно, для эффективного преобразования энергии необходимо определить выгодный угол луча к поверхности коллектора. Можно сделать вывод, что в России наиболее солнечными районами, наряду с районами Северного Кавказа, являются также районы Приморья и юга Сибири. [6]

Ветрогенераторы или ветроэлектрические установки служат для преобразования энергии ветра. В основном используются лопастные генераторы, устанавливаемые по направлению ветра. Наибольшее распространение из ветроустановок получили ветроэнергетические установки (ВЭУ) с мощностью от 100 до 500 кВт. Автономные установки киловаттного класса, служащие для незначительного потребления энергии, могут применяться в районах и с меньшими скоростями ветра. В развивающихся странах интерес к ВЭУ связан, в основном, с автономными электроустановками малой мощности, которые могут использоваться в домах. Они не уступают дизелям, работающим на топливе. Но, если скорость ветра не постоянна, то необходимо параллельно вместе с ветроустановкой устанавливать аккумуляторную батарею. Нужную мощность ВЭУ достигает при скорости ветра 10 м/с. Например, при среднегодовой скорости ветра 4 м/с, для небольшого дома необходима установка мощностью 500 Вт-1,5 кВт.

Следует заметить, что получение энергии от солнца и ветра находится в прямой зависимости, так как если светит яркое солнце, скорость ветра обычно минимальна, и наоборот. Поэтому следует использовать гибридную солнечной батареи и ветроустановки. В зимнее время основная работа по выработке энергии ложится на ВЭУ, а в летнее - на солнечный коллектор.

Тепловой насос или теплонасосная установка является альтернативой традиционной системе теплоснабжения ТЭЦ. Она служит для преобразования тепловой энергии окружающей среды (воздуха, воды, грунта) в тепловую энергию, осуществляемую с

помощью компрессора или дополнительным подводом тепла. Применение теплового насоса улучшает теплоснабжение. Примерно в 2 раза сокращается потребление энергии, система теплоснабжения в этом случае не требует организации тепловых сетей. Эффективность ТНУ связана с возможностью выбора источника тепла: тепло грунтовых вод, теплота грунта, воды естественных водоемов и т.п. Энергетическая эффективность теплонасоса характеризуется коэффициентом преобразования энергии - отношением произведенного тепла к затраченной электрической энергии. Теплонасосная установка малой мощности (1-15 кВт) может использоваться для индивидуального теплоснабжения дома 150м². По принципу действия и конструкции установка не отличается от холодильной машины. В качестве «рабочего» вещества обычно используется дешевый теплоноситель R22.

Особенностью автономных энергосистем, основанных на возобновляемых источниках энергии, является прямая зависимость от местоположения жилого дома и доступности ресурсов возобновляемой энергии на данной территории.

К альтернативным источникам энергии также относится энергия биомассы. Здесь подразумевается рациональное использование древесины и различных отходов (бытовых и сельскохозяйственных). Это достаточно известный источник энергии, получение которой происходит при сжигании в печах, однако такой процесс дает довольно низкий процент КПД. Правильный подход к использованию растительной биомассы с условием постоянного восстановления может дать положительный экологический эффект, т.к. при ее сжигании не увеличивается концентрация углекислого газа. Потенциал такого источника энергии велик. Например в 1990 г. в США за счет биомассы и твердых бытовых отходов было произведено 40 млрд. кВт./ч электрической энергии. [7]

4. Экспериментальное проектирование

На основе системы «автономный дом», разработан проект трансформируемого жилого модуля «Трансмод», состоящего из трех жилых блоков (Рис. 4)

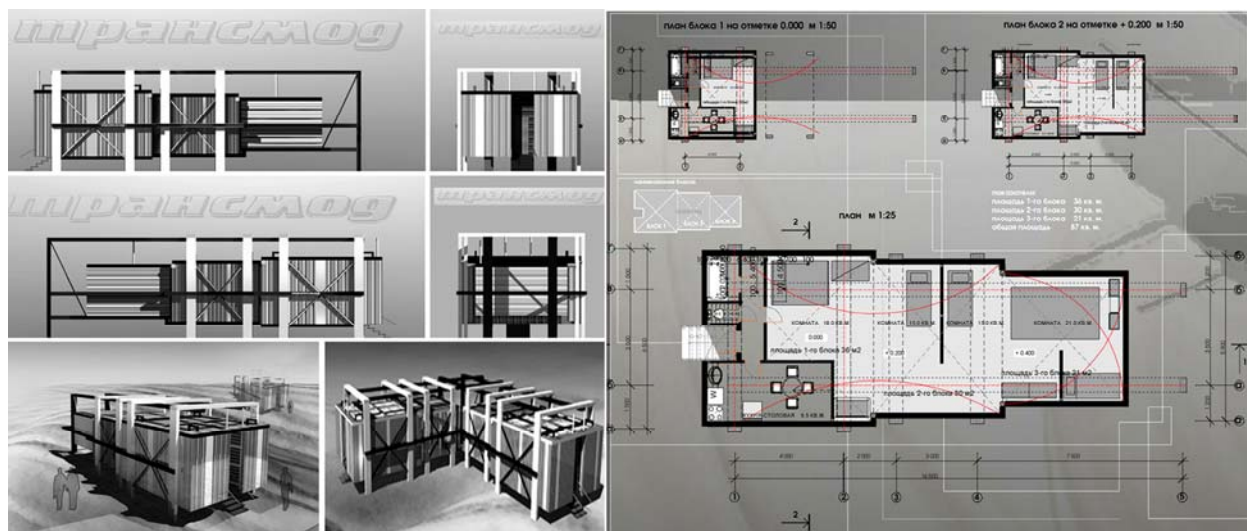


Рис. 4. Автономный жилой модуль «Трансмод». Экспериментальный проект, кафедра ОАП МАРХИ

В основу концепции идеи заложен принцип бионики «наружный твердый скелет - мягкая ткань внутри». Это делает объект универсальным: наружный жесткий каркас обеспечивает защиту модуля от внешних воздействий, параллельно являясь связующим звеном при объединении блоков между собой, а легкие ограждающие панели, состоящие из утепленных профилированных металлических листов, обеспечивают быструю

возможность трансформации объекта. В зависимости от количества проживающих площадь модуля может изменяться от 36 до 87 квадратных метров. Это осуществляется при помощи поворота стен каждого из трех блоков непосредственно на месте эксплуатации. Весь модуль расчленен на 3 жилых трансформирующихся блока. В начальном варианте (позиция 1) модуль состоит из одного блока площадью 36 квадратных метров и размерами в плане 6х6 метров. В этом случае он рассчитан на проживание в нем 3 человек и состоит из трех функциональных зон: кухни – столовой, санузла с душевой и спальни. В процессе трансформации (позиция 2), путем поворота внутренних стен, (по такому же принципу выдвигаются крыша и пол) площадь достигает 66 квадратных метров и размеров в плане 6х10,5 метров, что обеспечивает проживание 6 человек. Максимальная площадь – 87 квадратных метров, в этом случае модуль разложен на 3 блока (позиция 3).

Несмотря на разделение по блокам и возможность увеличения (уменьшения) жилой площади, модуль в целом представляет собой однородный объект, который переносится на место эксплуатации с помощью вертолета. Сбор модуля происходит на месте. Каркас, независимо от выбранной конфигурации модуля, остается неизменным для трех блоков и является как бы скелетом для жилого объема, защищая его от внешних воздействий, а также служит конструкцией для дополнительной защиты модуля путем навешивания на нее специальных защитных щитов. Каркас также используется как несущий остов модуля, и служит связующим звеном для дальнейшего соединения модулей между собой и организации их в структуру блокировки. Модуль оснащен солнечными коллекторами и возможностью подключения ветрогенератора. [8]

Главная особенность строительства: автономный модуль возводится для временного проживания людей на различного рода неосвоенных территориях (в зависимости от эксплуатации и назначения, а также выбора проектной блокировки). Главная цель – при необходимости модуль должен легко разбираться и переноситься. Трансформируемые жилые модули также могут блокироваться между собой, представляя различные виды примыканий и врезок. Для этого используется специальный каркас, который обеспечивает развитие блокировки в различных направлениях, что дает возможность «собирать» модули в специальные звенья. Независимость объекта состоит в том, что все инженерное оборудование автономно и нет необходимости в централизованных коммуникациях.

Выводы

В связи с истощением запасов традиционных источников энергии (нефть, уголь и т.д.) и нестабильной экономической и экологической обстановкой, необходимы новые, более эффективные источники энергообеспечения. Анализ показал, что уже сегодня в нашей стране возможно проектирование и строительство автономных домов, использующих альтернативные возобновляемые источники энергии. В комплексе с энергоэффективными архитектурно-планировочными и инженерными решениями, экономические затраты на организацию полностью автономного жилого дома можно снизить в процессе его эксплуатации. Такой тип домов оснащен новейшими разработками науки и техники в области добычи энергии от возобновляемых источников. Современное инженерное оборудование позволяет существовать жилому дому независимо от центральных коммуникационных сетей, что наделяет его качествами автономности, мобильности и позволяет адаптироваться к неосвоенным территориям. Весь процесс получения, переработки и потребления энергии полностью автоматизирован, что существенно экономит и упрощает проживание в таком доме. Особенностью автономных энергосистем, основанных на возобновляемых источниках энергии, является прямая зависимость от климатического района строительства жилого дома, и от доступности ресурсов возобновляемой энергии на данной территории. Исследования показали, что применение систем автономного энергообеспечения возможно и в нашей стране, так как среднегодовая солнечная энергия для большей территории страны составляет от 3,5 до 4,5 кВт/ч/м² в день, а среднегодовая скорость ветра превышает 4 м/с. Эти данные позволяют сделать вывод, что переход на использование возобновляемых источников

энергии является рациональным шагом, который позволит в дальнейшем проектировать энергоэффективные дома и поселки автономного типа.

Литература

1. Маргулан А.Х. Казахская юрта и ее убранство. – М., 1964, с. 19.
2. Pacific Yurts Inc., Cottage Grove, Oregon, USA. URL: www.yurts.com.
3. Царев В., Алесеевич А. Система автономного электро- и теплоснабжения жилых и производственных зданий. / Патент Российской Федерации RU2249125. URL: www.ecoteco.ru.
4. Экзархо В.М. Энергообеспечение и некоторые экологические аспекты родового поместья. // Доклад на областной конференции «Создание экопоселений в Саратовской области», 6 марта 2004.
5. Тарнижевский Б.В. Оценка эффективности применения солнечного теплоснабжения в России. // «Теплоэнергетика» № 5, 1996. – С. 15–20.
6. Попель О., Прошкина И. Солнечная Россия // В мире науки. 2005. № 1. С. 14–18.
7. Берковский Б. "Солнечный путь" к экономическому развитию и охране окружающей среды. // Теплоэнергетика.- 1996.- N5.- С.10-14.
8. Погонин А. Временное жилье в экстремальных условиях обитания // Наука, образование и экспериментальное проектирование. Труды МАРХИ: Материалы научно-практической конференции 28-30 апреля 2008г, Том 2.: Архитектура-С, 2008. - С. 74-77.

References (Transliterated)

1. Margulan A.H. Kazahskaja jurta i ee ubranstvo. – M., 1964, s. 19.
2. Pacific Yurts Inc., Cottage Grove, Oregon, USA. URL: www.yurts.com.
3. Carev V., Aleseevich A. Sistema avtonomnogo jelektro- i teplosnabzhenija zhilyh i proizvodstvennyh zdaniy. / Patent Rossijskoj Federacii RU2249125. URL: www.ecoteco.ru.
4. Jekzarho V.M. Jenergoobespechenie i nekotorye jekologicheskie aspekty rodovogo pomest'ja. // Doklad na oblastnoj konferencii «Sozdanie jekoposelenij v Saratovskoj oblasti», 6 marta 2004.
5. Tarnizhevskij B.V. Ocenka jeffektivnosti primenenija solnechnogo teplosnabzhenija v Rossii. // «Teplojenergetika» # 5, 1996. – S. 15–20.
6. Popel' O., Proshkina I. Solnechnaja Rossija // V mire nauki. 2005. # 1. S. 14–18.
7. Berkovskij B. "Solnechnyj put'" k jekonomicheskomu razvitiju i ohrane okruzhajushhej sredy. // Teplojenergetika.- 1996.- N5.- С.10-14.
8. Pogonin A. Vremennoe zil'e v jekstremal'nyh uslovijah obitanija // Nauka, obrazovanie i jeksperimental'noe proektirovanie. Trudy MARHI: Materialy nauchno-prakticheskoj konferencii 28-30 aprilja 2008g, Tom 2.: Arhitektura-S, 2008. - S. 74-77.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРЕ**А.О. Погонин**

Аспирант, кафедра Основ архитектурного проектирования, МАРХИ (Государственная академия), Москва, Россия

e-mail: pogonin09@gmail.com

DATA ABOUT THE AUTHOR**A. Pogonin**

Post-graduate student, chair of Bases of architectural designing, Moscow Institute of Architecture (State academy), Moscow, Russia

e-mail: pogonin09@gmail.com