

Секция 2.

Особенности малоэтажного энергоэффективного экологического строительства в разных климатических зонах

МАЛОЭТАЖНОЕ СБЛОКИРОВАННОЕ ЖИЛЬЕ КАК СПОСОБ УЛУЧШИТЬ КАЧЕСТВО ЖИЗНИ «СРЕДНЕГО КЛАССА»

Верговская Е.В., Титов М.М.

*Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
(Сибстрин), г. Новосибирск*

Современное состояние жилищного строительства в России таково, что первейшие экологические и социальные потребности большинства жителей крупных и средних городов не реализуются в рамках экономических интересов всевозможных частных инвесторов. Их главный интерес – максимизация чистой прибыли при продаже высотного жилья за счет минимальной стоимости земли на экологически и эниологически непригодных местах и использование дешевых материалов, практически запрещенных к применению в жилье в странах ЕС (минвата, органические утеплители, асбест, поливинилхлорид, и т.п.). Государство в лице местных чиновников не заинтересовано и не в силах повлиять на процесс, т.к. финансово не участвует в жилищном строительстве.

А между тем весь т.н. цивилизованный (да и не цивилизованный) мир предпочитает жить 1-2 этажных, по преимуществу отдельно стоящих домах. Истина заключается в том, что только в таком типе жилья можно полноценно реализовать экологические и социальные потребности народонаселения, в том числе и в нашей стране. Это если кратко. Однако отдельно стоящее малоэтажное жилье для широких слоев населения в современных условиях – это для средних широт, где и живет 60% населения земли. У нас реализация правительственной программы по развитию малоэтажного энергоэффективного жилья осложняется климатическими и социальными проблемами. Такими как низкая среднегодовая и среднезимняя температура – к примеру среднезимняя в западной Сибири -12,3 °С, а в Германии +10 °С. А в 2001г. целую неделю было -50 °С, если кто забыл. И социальными – это вопросы безопасности отдельного жилья, проблема дорог и коммуникаций и многое другое. Но выход есть. Учеными и архитекторами Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета разработан инновационный тип загородного малоэтажного бюджетного экологичного жилья – сблокированные квартиры на земле. Это похоже на известные таун-хаузы, но не те, что мы можем видеть в Барнауле или Новосибирске, там площади квартир от 200 до 500 м², гаражи на 2-3 машины, охрана и забор. Это для богатых. Но и средний класс нашего общества, его главный «мотор», тоже достоин жить в человеческих условиях. В основе предлагаемой конструктивно-технологической разработке лежат следующие исходные, общепризнанные и потому не требующие доказательств идеи:

1. Здоровье человека на 80% определяется качеством воздуха, которым он дышит, на 15% качеством воды, которую он пьет и на 5% всем остальным. Предлагаемый проект будет размещен там, где воздух чист.

2. Первый закон экологии, сформулированный ее основателем Коммонером, гласит - «все, чего нет в природе – все вредно». Читатель, обведи глазами вокруг себя, вряд ли ты увидишь природный материал. Ты увидишь изделия химии, вредные по определению. В предлагаемом проекте используются только те три материала, которые есть в природе – глина (керамзит), дерево, гипс. Только они из сотен видов стройматериалов безвредны для человека. В Германии в настоящее время строят жилье только из них, кстати.

3. Типичный представитель нашего среднего класса (служащий, работник образования, врач, и т.п.) хочет жить в квартире на земле, но чтобы перед входом было куда, без проблем с соседями, поставить автомобиль, жене нужен небольшой цветник или парник, а внукам песочница. Но отдельный дом дорого купить и главное содержать, да и ночью страшновато. А вот чтобы жить рядом с людьми своего круга, но от-

дельно, вместе, но не зависимо, на природе, но за «нормальные» деньги – желающих так жить в любом городе найдется немало.

Все вышеприведенные доводы говорят в пользу такого жилья и наш город Новосибирск самой природой предназначен для такого образа жизни. У нас можно запустить производство качественного керамзитового гравия, пожалуй, лучшего стенового материала в наше время, с лесом нет проблем, и средний класс достаточно многочислен. Только кандидатов наук более 12 тысяч и докторов более 2,5 тысяч. А самое главное – уже давно 40-45% вводимого в стране жилья – это малоэтажное жилье, построенное «своими руками». Это тенденция. В ее пользу и говорит тот факт, что в 500 построенных и близких к сдаче домах в г. Новосибирске не проданными стоят почти 68 тысяч квартир. И не потому, что у людей нет денег, на книжках лежит два годовых бюджета страны. Люди не хотят жить в 30-ти этажных домах. Перепродавцы квартир не понимают того очевидного факта, что современный житель большого города читает не только их убогую рекламу, но и получает массу информации по другим каналам, сам бывает за границей и видит, как живет средний класс «за бугром». А он живет в 1-2 этажных домах с небольшим клочком земли и, как утверждают архитекторы, это самый лучший тип жилья для человека. Хотя сами они для заработка проектируют 30-ти этажные дома. Но народ как всегда в таких случаях «голосует ногами». Т.е. строит сам.

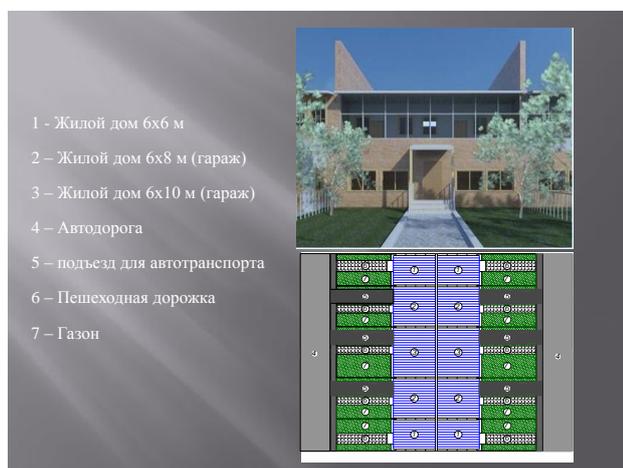


Рис. 1. Вариант предлагаемого блокированного загородного дома

Нам представляется, что основная задача научного сообщества в лице хотя бы настоящей конференции – донести до потенциальных желающих жить «по человечески», не мелкие и частные вопросы, рассматриваемые по секциям, а главную идею о том, что время сверхприбылей застройщиков прошло, как прошло время паровозов. Веками народ сам строил себе жилье, и жил нормально. Власть под давлением общества должна помочь ему – народу – возродить эту практику. Надо строить не четвертый мост для свехприбыли «анонимных» бенефициаров, которых и так каждый день показывают по телевизору, а развивать ордынское направление, как единственно эниологически чистое в нашем городе для малоэтажного строительства. Для этого надо строить второй уровень дороги через ОбьГЭС, второй уровень дороги с развязками, а не светофорами по Бердскому шоссе и Большевистской улице. И строительство для желающих жить «по человечески» должно быть доступным, без прибыльным для подрядчиков, т.е. разработанная нами конструктивно-технологическая схема такого блокированного дома в два этажа за 12 тысяч метр квадратный и позволит это сделать.

Литература

1. Рекомендации по технологии производства керамзитопенобетона и панелей наружных стен на его основе. – М.: ЦНИИЭПжилища, 1983 г.
2. Методические указания по снижению плотности и повышению теплозащитной способности керамзитобетонных панелей наружных стен. – М.: ЦНИИЭПжилища, 1989 г.

РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ОПТИМАЛЬНОСТИ ВЫБОРА ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ И КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ В МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЯХ БЛОКИРОВАННОГО ТИПА

Гусакова Н.В., Минаев Н.Н., Филюшина К.Э., Гусаков А.М.

Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск

Статья выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации № МК-5341.2016.6 «Формирование концептуальной региональной модели управления интенсификацией процессов реализации проектов государственно-частного партнерства в малоэтажном строительстве с учетом требований энергетической эффективности».

Стратегической целью государственной жилищной политики является формирование рынка доступного жилья экономического класса с внедрением энергоресурсов, сберегающих технологий, современных материалов, обеспечением комфортных условий проживания граждан. В связи с этим утверждены ряд федеральных программ, направленных на комплексное освоение территорий, повышение результативности развития жилищного строительства, позволяющие создать комфортные условия жизнедеятельности [1].

Особое место в этом процессе должно занять малоэтажное многоквартирное строительство, как один из наиболее оптимальных форматов развития на вновь осваиваемых территориях, где отсутствует проблема наличия свободных земельных участков и наблюдается высокая обеспеченность природными энергоносителями (углеводороды, биотопливо и т.д.).

Для увеличения темпов роста комплексной малоэтажной застройки, развития социальной и транспортной инфраструктуры (стимулирование социально-экономических процессов) необходимо на стадии проектирования разрабатывать оптимальные объемно-планировочные и конструктивные решения зданий в зависимости от его географического местоположения.

Следует отметить, что в России имеется огромный потенциал в области энергосбережения и использовании возобновляемых источников энергии. Однако низкая эффективность использования энергосберегающих технологий при строительстве зданий является причиной высоких цен на услуги ЖКХ при эксплуатации зданий. Такое положение свидетельствует о необходимости рационального использования автономных источников теплоснабжения в проектах малоэтажных жилых зданий с учетом климатического районирования [2].

Комплексный подход оптимального выбора объемно-планировочных и конструктивных решений будет способствовать увеличению объемов ввода жилья экономического класса, снижению его стоимости, соответствию требованиям комфорта, безопасности и энергетической эффективности зданий, увеличению количества граждан, способных самостоятельно улучшить свои жилищные условия. Это позволит, с одной стороны, решить проблему дефицита энергетических мощностей при строительстве, а с другой - сэкономить значительные средства собственников жилья [3].

Таким образом, особо актуальным является разработка теоретических и методических основ оптимального выбора объемно-планировочных и конструктивных решений малоэтажных зданий блокированного типа, направленных на повышение эффективности капиталовложений, энерго- и ресурсосбережение, создание комфортных ус-

ловий для населения, обеспечивающие устойчивое развитие малоэтажного строительства в контексте социально-экономических приоритетов с учётом климатического районирования местности строительства.

Весь комплекс научных исследований по энергоэффективным зданиям и их конструкциям опирается на солидный фундамент знаний [4-7]. Однако, несмотря на многочисленные исследования в области энергоэффективности и энергосбережения в строительстве они отличаются разрозненностью и не в полной мере систематизированы в рамках имеющейся специфики региональных условий. Публикуемые нормативные документы по энергосбережению отчасти охватывают весь спектр полученных результатов исследований только конкретного региона.

Особо важно уделить внимание разработке новых объемно-планировочных решений, поиску оптимальных конструктивных решений с приоритетным использованием местных строительных материалов, отвечающих требованиям энергоэффективности, эффективности капитальных вложений, комфорту и безопасности, а также использовании возобновляемых источников энергии для инженерных систем в течение полного жизненного цикла здания.

Анализ классификации малоэтажных жилых зданий позволил сформулировать ряд выводов и предложений по формированию типологии малоэтажного жилого дома с учетом требований (критериев) для оптимального выбора объемно-планировочных и конструктивных решений малоэтажной жилой застройки [8-9]. Для этого необходима разработка классификационного и критериального аппарата малоэтажных зданий.

Учет данных рекомендаций в практике современного жилищного строительства может послужить основой создания новых прогрессивных тенденций в архитектуре комплексной малоэтажной жилой застройки, как в объемно-планировочном, так и в конструктивном решении малоэтажных жилых зданий, отвечающих требованиям энергоэффективности [10].

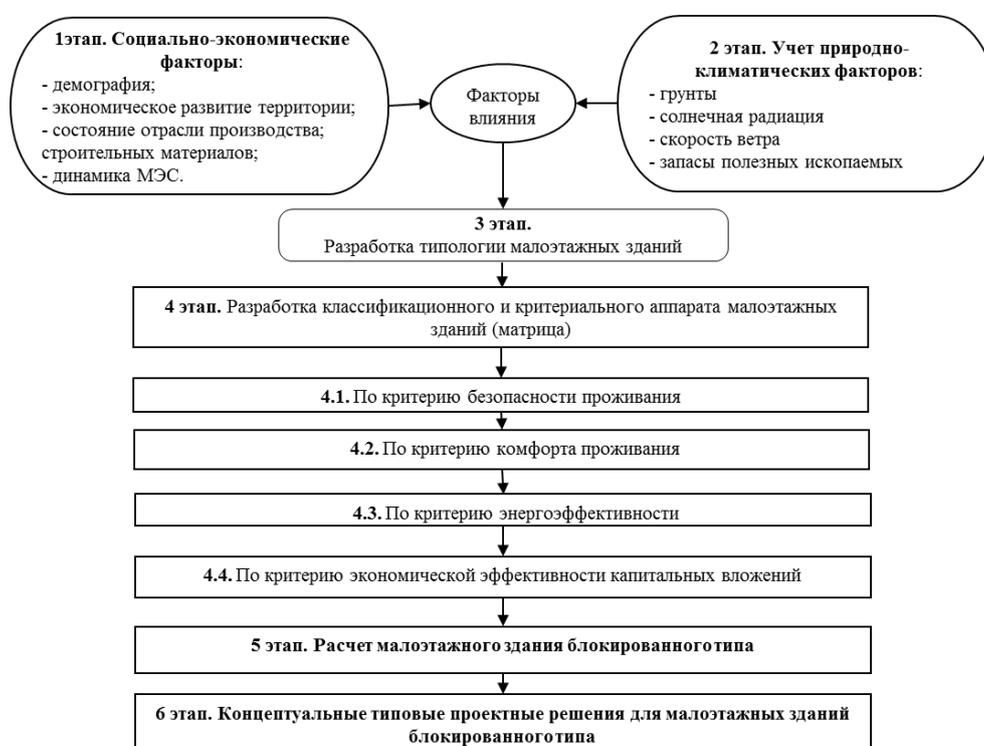


Рис. 1. Алгоритм исследования для выявления оптимального выбора объемно-планировочных и конструктивных решений малоэтажных зданий

Выявлены социально-экономические и природно-климатические факторы (рис.1). Выявленные факторы оказывают непосредственное влияние на оптимальность выбора объемно-планировочных и конструктивных решений малоэтажных зданий. Для этого были определены критерии: безопасность, комфорт, энергоэффективность и эффективность капитальных вложений [11].

Предлагаемая методика позволяет уйти от традиционных схем выбора объемно-планировочных и конструктивных решений для малоэтажных зданий и дает возможность совершить оптимальный выбор с помощью представленных ниже критериев (табл.1).

Первым критерием является безопасность проживания. Для его разработки типологизируем материал стен по следующим признакам: степень огнестойкости, конструктивное решение здания, толщина стен, степень износа (для уже построенных зданий). Это позволяет нам на начальном этапе сформировать внешнюю оболочку здания.

Следующим критерием является комфорт проживания. Заданный критерий классифицируется по типу территории проживания: городские, пригородные, сельские, удаленные. В зависимости от типа территории типологический признак целесообразно классифицировать по соотношению площади земельного участка к общей площади здания. Для малоэтажных зданий экономического класса определены требования к площади земельных участков. Площадь придомового земельного участка зависит от типа территории проживания. Количество этажей типологизируется до трех этажей включительно.

Следующим критерием является типология здания по энергоэффективности. Который включает себя энергоэффективность конструктивных элементов малоэтажного здания и тип энергообеспечения. Для оценки теплозащитных свойств ограждающих конструкций необходимо определить климатические условия места строительства. Выделяются строительно-климатические зоны для выявления оптимальных строительных и архитектурно-планировочных решений городской малоэтажной жилой застройки для каждой зоны.

Все жилые помещения, относящиеся к жилью экономического класса должны соответствовать требованиям, влияющим на энергетическую эффективность зданий, их соответствия установленным нормам энергосбережения и энергоэффективности по оборудованию системами учета потребляемых энергоресурсов. Классы энергетической эффективности устанавливаются в соответствии с действующими нормативными документами.

Помимо ограждающих конструкций, являющихся главным резервом энергосбережения, необходимо рациональное взаимное размещение энергоисточников и энергопотребителей (электричество, тепло, газ), уменьшающие расходы на транспортировку, выбор и обоснование применения централизованных, локально-децентрализованных и локальных систем инженерного оборудования зависит от типа территории проживания. Выбор автономных источников энергоснабжения и не возобновляемых источников энергии зависит от возможности выдачи технических условий на подключение к городским сетям.

Заключительным этапом является критерий эффективности капитальных вложений. Он формируется из стоимости строительства, стоимости инженерных систем зданий, суммы затрат на эксплуатацию здания в течение всего жизненного цикла [12].

Сумма затрат на строительство и эксплуатацию здания позволит методом сравнения с традиционными системами, определить эффективность капитальных вложений в расчете на 1 м^2 . В результате расчета получим стоимость строительства малоэтажного здания и стоимость квадратного метра в течение всего жизненного цикла здания.

Таблица 1. – Типология малоэтажных зданий при оптимальном выборе объемно-планировочных и конструктивных решений по критериям энергоэффективности, безопасности, комфорта проживания, экономической эффективности капитальных вложений

Типология малоэтажных зданий по критерию энергоэффективности																				
типологический признак, лимитированное значение/расчётное значение		заданные условия – тип климата																		
		IA	IB	IV	IG	IIA	IIБ	IIВ	IIIГ	IIIA	IIIB	IIIV	IVA	IVB	IVC	IVT				
Конструктивные элементы	Наружные стены	Однослойная	Типология малоэтажных зданий по критерию безопасности																	
		Двухслойная	Заданные условия – материал стен																	
		Многослойная	Стеновой материал (кирпич, древесина, легкие бетоны, ячеистые бетоны)																	
	Утеплитель	На органической основе	По степени огнестойкости	I	Типология малоэтажных зданий по критерию комфорта проживания															
		Не органического типа			типологический признак, лимитированное значение/расчётное значение	Заданные условия – тип территории проживания														
		Смешанного типа				Городские	Пригородные	Сельские	Удаленные											
	Отражающего типа	Типология малоэтажных зданий по критерию экономической эффективности капитальных вложений																		
	Фасадная отделка	Выбор осуществляется дополнительно		III	Соотношение S земельного уч. к общей S здания, м ² /м ²	2/1	типологический признак, лимитированное значение/расчётное значение								Заданные условия – тип здания					
	Светопрозрачные констр.	Выбор осуществляется дополнительно																	IV	4/1
		Сплошные																		
Ленточные		1																		
Фундамент	Отдельстоящие			IV	4/1	3	50%	75%	100%	до 50	50-100	100-150	до 0,2% ср. ЗП по региону	от 0,2-0,6% ср. ЗП по региону	от 0,6-1% ср. ЗП по региону	свыше 1% ср. ЗП по региону				
	Скатная																			
Кровля	Плоская	По конструктивному решению	Каркасные	Этажность, количество этажей	1	Стоимость 1 м ²	до 3 МРОТ	Отдельно-стоящие	Блоке-размещённые	Многоквартирные										
			Бескаркасные	2																
Класс энергоэффективности здания	A++ A+ A B+ B C+ C D E	Срок службы по группам капитальности	I	Уровень благоустройства, %	75%	до 3 до 5 МРОТ														
										II	Уровень освещения, лк.	100%	от 5 до 7 МРОТ							
			III	50-100	свыше 7 МРОТ															
									IV	100-150	Эксплуатационные затраты на 1 м ² в месяц	до 0,2-0,6% ср. ЗП по региону								
			V	Не более 55	свыше 1% ср. ЗП по региону															
									По типу энергообеспечения	Централизованное	до 30	Уровень шума в жилых помещениях, дБА	до 30	до 0,2-0,6% ср. ЗП по региону						
			Локально-централизованное	30-60		30-45	от 0,6-1% ср. ЗП по региону													
Локальное	свыше 60		Не более 55	свыше 1% ср. ЗП по региону																

Следующий раздел посвящен созданию энергоэффективного малоэтажного дома блокированного типа и его обоснованию, применительно к выбранному типу объемно-планировочных и конструктивных решений, способствующих повышению энергоэффективности, безопасности, комфорту проживания и экономической эффективности.

Область наших исследований представляет территория континентального климата умеренного пояса, в которой наиболее востребованы малоэтажные здания с точки зрения социально-экономического развития вновь осваиваемых территорий.

Малоэтажный многоквартирный жилой дом (блок) представляет собой двухэтажное здание с размерами в плане в крайних осях 9,6 м x 8,0 м, со встроенным гаражом. Количество блоков зависит от социальной необходимости и объемом выделяемых средств из бюджета. Планировка квартир обусловлена четким функциональным зонированием на активную и пассивную зоны. На первом этаже – кладовая, санузел, ванная комната, кухня, гараж. На втором этаже – жилые комнаты.

Планировочные решения обеспечивают нормативную инсоляцию всех помещений для длительного пребывания людей.

При проектировании оснований и фундаментов учитывались наиболее характерные грунты выбранного региона строительства, а также имеющийся опыт проектирования, строительства и эксплуатации сооружений в аналогичных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях. Для блокированных малоэтажных зданий, возводимых в умеренной зоне континентального климата, в большинстве случаев целесообразно применять 2 варианта устройства фундамента:

1. Малозаглубленные фундаменты (ленточные монолитные).
2. Винтовые металлические или буронабивные.

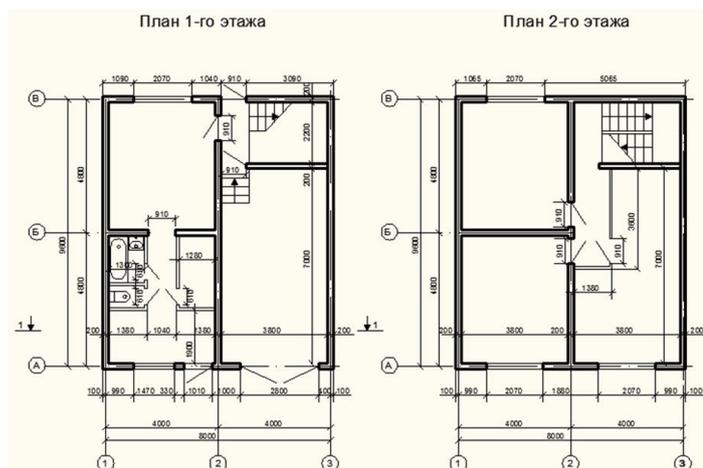


Рис. 2. Объемно-планировочные решения малоэтажного блокированного жилого дома.

Теплотехнический расчет наружной ограждающей конструкции выполнен по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003» и СП 131.13330.2012 «Строительная климатология». Наружное ограждение рассчитываем как плоскую стенку, разделяющую воздушные среды с различной температурой и влажностью, ограниченную параллельными поверхностями и перпендикулярную тепловому потоку. Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, отвечающих санитарно – гигиеническим и комфортным условиям рассчитывается по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003». В качестве несущего слоя ограждающей стены приняты следующие варианты: керамический кирпич, газобетонные блоки, брус (сосна), стеновая панель из керамзитобетона.

Примечание:

1. Толщину утеплителя принимаем 120 мм для всех вариантов ограждающей стены.

2. Для всех конструкций ограждающей стены принимаем $R_o^{норм} = 3,76 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$.

По результатам расчета принимаем толщину утеплителя 180 мм. Все рассматриваемые варианты соответствуют принятому нормируемому значению приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции $R_o^{норм} = 3,76 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, что в свою очередь, позволит возводить малоэтажные здания с наивысшим классом энергоэффективности А.

В проектируемом здании могут использоваться 2 типа кровель: скатная и плоская. Произведены соответствующие расчеты. Рассмотренные строительные материалы надежны и долговечны, соответствуют климатическим условиям. Вариативность выбора обуславливается минимальной стоимостью материала.

Для выбора эффективной системы теплоснабжения энергоэффективных малоэтажных зданий блокированного типа проведены результаты теоретических исследований по обоснованию оптимального выбора схемы энергообеспечения в зависимости от источников теплоснабжения. Приведен сравнительный анализ энергообеспечивающего оборудования для обеспечения наивысшего класса энергоэффективности для малоэтажного здания на вновь осваиваемых территориях [13].

Расчетным путем составлен тепловой баланс здания, тепловые потери на нагрев инфильтрующего воздуха. Расчет тепловых потерь ограждающими конструкциями. Определены расходы горячей воды и теплоты. По результатам расчета принято решение об использовании комбинированной системы теплоснабжения. Основная систе-

ма - тепловой насос, солнечные коллекторы обеспечивают необходимое покрытие расходов на ГВС. Ветрогенераторы не могут быть использованы на выбранной территории жилой застройки в связи с ограничениями шумовых воздействий.

Из условия максимального энергосбережения для малоэтажных зданий блокированного типа принята горизонтальная система отопления с размещением теплового насоса в техническом помещении. Для пиковых нагрузок в периоды стояния низких наружных температур условия комфорта в помещениях не снижаются за счет использования дизельного генератора, установленного в каждом гараже квартиры. Для покрытия нагрузки на ГВС на одну блок-секцию необходимо установить 13 солнечных коллекторов общей площадью 26 м².

Система вентиляции – естественная. Сбор данных по энерго- и ресурсопотреблению предусмотрен автоматически через диспетчерскую систему.

При проектировании объектов строительства особое внимание уделялось не только финансовой эффективности строительства, но и эксплуатационной. Таким образом, показатель эффективности является многокомпонентным, потому как в данном проекте рассматривается эффективность как при строительстве, так и при дальнейшей эксплуатации зданий. Экономия при строительстве достигается за счет внедрения оптимальных конструктивных решений, позволяющих увеличить теплозащиту ограждающих конструкций, а также за счет оборудования (при его отсутствии для отопления малоэтажного здания блокированного типа потребовалось бы строительство котельной, что привело бы к дополнительным затратам). Эксплуатационный эффект получаем за счет экономии на коммунальных услугах, в частности на отоплении и горячем водоснабжении.

При расчете эффективности капитальных вложений малоэтажных зданий блокированного типа за расчетный период учитывается стоимость материалов, строительно-монтажных работ, стоимость замены или ремонта, срок службы, стоимость за 1 год эксплуатации. Произведены расчеты предстоящих результатов и затрат в пределах расчетного периода (горизонт расчета), в качестве которого принимаем период 30 лет. Шаг расчета принимался равный одному году.

За основу взяты результаты теплотехнического расчета ограждающей конструкции, остекление и двери, покрытие и пол. Энергетические системы: система отопления, система горячего водоснабжения для бытовых нужд, система водоотведения.

В результате расчета экономической эффективности малоэтажного здания блокированного типа, наименьшие затраты на строительство дома из бруса – 6256,77 руб./м². Экономический эффект достигается использованием тепловых насосов за счет сокращения коммунальных платежей (в частности за отопление и ГВС) по сравнению с использованием централизованной и локально-централизованным типе энергообеспечения. Стоимость инженерных систем составляет – 3766 руб/м². Стоимость коммунальных услуг (ГВС + теплоснабжение) при локальном типе энергообеспечения в год составляет – 43,58 руб./м².

В результате проведенных исследований обоснована техническая возможность и экономическая целесообразность создания малоэтажных энергоэффективных зданий экономического класса. Максимальный эффект энергосбережения может быть достигнут при комплексном рассмотрении объемно-планировочных и конструктивных решений, а также применения возобновляемых источников энергии при строительстве инженерных систем.

Разработана система критериев, влияющих на оптимальность выбора объемно-планировочных и конструктивных решений малоэтажных зданий, отвечающих требованиям энергоэффективности, комфорта и безопасности, экономической эффективности. В результате их обоснования по предлагаемой методике был принят вариант блокирован-

ного типа. За счет повышения теплозащиты ограждающих конструкций получена экономия энергоресурсов при эксплуатации здания.

Обоснованы оптимальные технические решения энергообеспечения малоэтажных зданий блокированного типа. При комплексной застройке малоэтажных зданий блокированного типа на вновь осваиваемых территориях, не имеющих доступа к тепловым сетям, оптимальным решением является использование локального типа энергообеспечения. Повышение уровня применяемых технических решений приводит к увеличению капитальных затрат на строительство, однако, эффект достигается за счет экономии топливно-энергетических ресурсов и социальной защиты населения [14].

Методика оценки эффективности капитальных вложений малоэтажных зданий блокированного типа позволила определить стоимость эксплуатации на 1 м²/год. В результате расчетов предстоящих затрат и результатов в пределах расчетного периода самым экономичным принят вариант жилого дома блокированного типа в деревянном исполнении. Расчеты показывают, что за счет экономии тепла повышение единовременных затрат окупятся за 5 лет.

Литература

1. Постановление Правительства РФ от 17.12.2010 N 1050 (ред. от 25.08.2015) «О федеральной целевой программе «Жилище» на 2015 - 2020 годы».
2. Минаев Н.Н., Филюшина К.Э., Гусаков А.М Гусакова Н.В., Жарова Е.А. Формирование региональной модели управления процессами повышения энергоэффективности малоэтажного жилищного строительства – Региональная экономика: теория и практика. 2015. № 46 (421). С. 34-41
3. Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 N 323 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации».
4. Бондаренко В.М., Ляхович Л.С., Хлевчук В.Р., Матросов Ю.А., Бутовский И.Н., Могутов В.А., Беляев В.С., Лаковский Д.М., Волынский Б.Н., Шпетер А.К., Семенюк П.Н. О нормативных требованиях к тепловой защите зданий – Строительные материалы. 2001. № 12. С. 2-8.
5. Васильев Г.П. Одна из главных проблем энергоэффективности - отсутствие контроля качества строительства – Энергосбережение. 2014. № 6. С. 10-12.
6. Корниенко С.В. Комплексная оценка энергоэффективности и тепловой защиты зданий. Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 11 (26). С. 33-48.
7. Горшков А.С., Ливчак В.И. История, эволюция и развитие нормативных требований к ограждающим конструкциям – Строительство уникальных зданий и сооружений. №3(30). С. 7-37
8. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М. Системный анализ проектирования энергоэффективных зданий – Architecture and Modern Information Technologies. 2015. № Special. С. 14.
9. А.Н. Асаул, Ю.Н. Казаков, Н.И. Пасяда, И.В. Денисова. Теория и практика малоэтажного жилищного строительства в России Под ред. д.э.н., проф. А. Н. Асаула. - СПб.: «Гуманистика», 2005. - 563с.
10. Козачун Г.У., Смык О.Г. Принципы формирования объемно-планировочных решений жилых загородных домов с обслуживанием Жилищное строительство. 2008. № 7. С. 35-37.
11. Башмаков И.А. Типология и сертификация российских зданий по уровню энергоэффективности – АВОК Энергосбережение 2015 №8
12. Natalya Gusakova, Nikolay Minaev, Kristina Filushina, and Alexander Gusakov. Approaches to optimum selection of space-planning and structural solutions of low-rise buildings AIP Conference Proceeding 1800, 050008 (2017).
13. Gusakova N.V. Feasibility study of building envelopes selection for low-rise construction / N.V. Gusakova, A.M. Gusakov // TSUAB2014 IOP Publishing IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2015 – Vol. 71.
14. В.С. Казейкин, С.А. Баронин, А.Г. Черных, А.Н. Андросов Проблемные аспекты развития малоэтажного жилищного строительства России: Монография / Под общей редакцией Академика МАИИ В.С. Казейкина и проф.С.А. Баронина. – М: ИНФРА-М, 2011. – 278 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ПАССИВНОГО СОЛНЕЧНОГО НАГРЕВА И ОХЛАЖДЕНИЯ ЗДАНИЙ В ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Дворецкий А.Т., Клевец К.Н., Моргунова М.А., Денисова Т.В.

Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь

Аннотация. Для районов с большим количеством солнечных часов в году (от 2000 до 2500) энергетическая эффективность зданий может быть существенно улучшена за счёт применения стратегии пассивного солнечного нагрева, которая предложена в статье. Эта стратегия универсально применима для малоэтажных и частично для многоэтажных новых и реконструируемых зданий и может быть реализована проектировщиками с целью сокращения потребления невозобновляемых источников энергии на отопление. Для жаркого периода года обязательным условием повышения энергоэффективности здания является применение наружных солнцезащитных устройств.

Ключевые слова: экоусадьба, пассивный солнечный нагрев, карта изолиний градусосуток отопительного периода, карта изолиний солнечной радиации, солнечная защита зданий.

Согласно требованиям, как российских (Указ Президента России от 4 июня 2008 года № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики»; Федеральный закон от 29 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ»; Постановление Правительства РФ от 25 января 2011 года № 18 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов»), так и европейских документов, например, Energieeinsparverordnung – EnEV-2009, необходимо обеспечить достижение целей, направленных на защиту окружающей среды, и, заключающихся в снижении энергетических затрат и выбросов углекислого газа в атмосферу [1].

Для районов с большим количеством солнечных дней в году (например, в Южном федеральном округе от 2000 до 2500 солнечных часов в году) энергетическая эффективность зданий может быть существенно улучшена за счёт применения стратегии пассивного солнечного нагрева. Эта стратегия универсально применима для малоэтажных и частично для многоэтажных новых и реконструируемых зданий и может быть реализована проектировщиками с целью сокращения потребления невозобновляемых источников энергии на отопление [1].

В архитектуре пассивного солнечного дома могут присутствовать три системы пассивного солнечного нагрева здания – прямой солнечный нагрев, солнечное пространство (теплица, оранжерея, зимний сад, атриум) и стена Тромба [3].

В статье [4] оценка преимуществ пассивной солнечной системы была сделана по величине избыточной удельной тепловой энергии за счёт солнечного нагрева в течение отопительного периода в климатических условиях Крыма. Проанализировав полученные данные, можно сделать вывод, что наиболее энергетически выгодным приемом пассивного солнечного нагрева, направленным на повышение энергоэффективности здания, является стена Тромба (рис. 1).

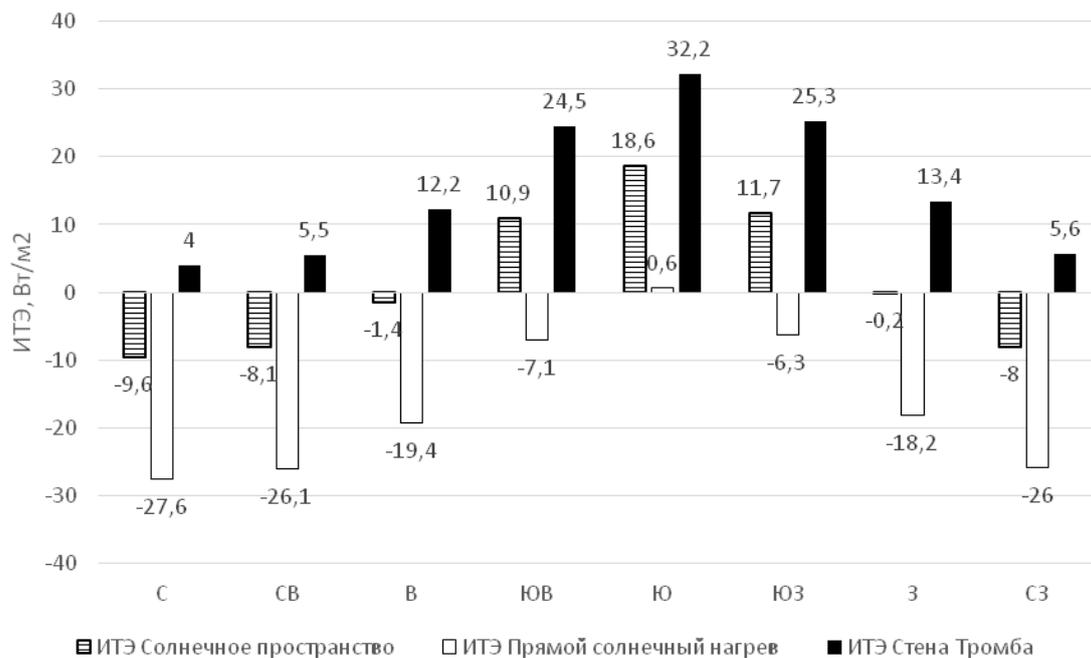


Рис. 1. Избыточная тепловая энергия устройств пассивного солнечного нагрева.

Для удобства в проектировании зданий и сооружений и, в частности, расчёта теплопотерь и класса энергоэффективности, разработаны карты изолиний градусосуток отопительного периода (ГСОП) Южного федерального округа (рис. 2) [5].

Для этого была произведена выборка данных по 47 городам ЮФО и близлежащих стран, которая включает в себя: долготу и широту города, а также значение градусосуток отопительного периода в городе, которое определяется в соответствии со СНиП 23-01-99.

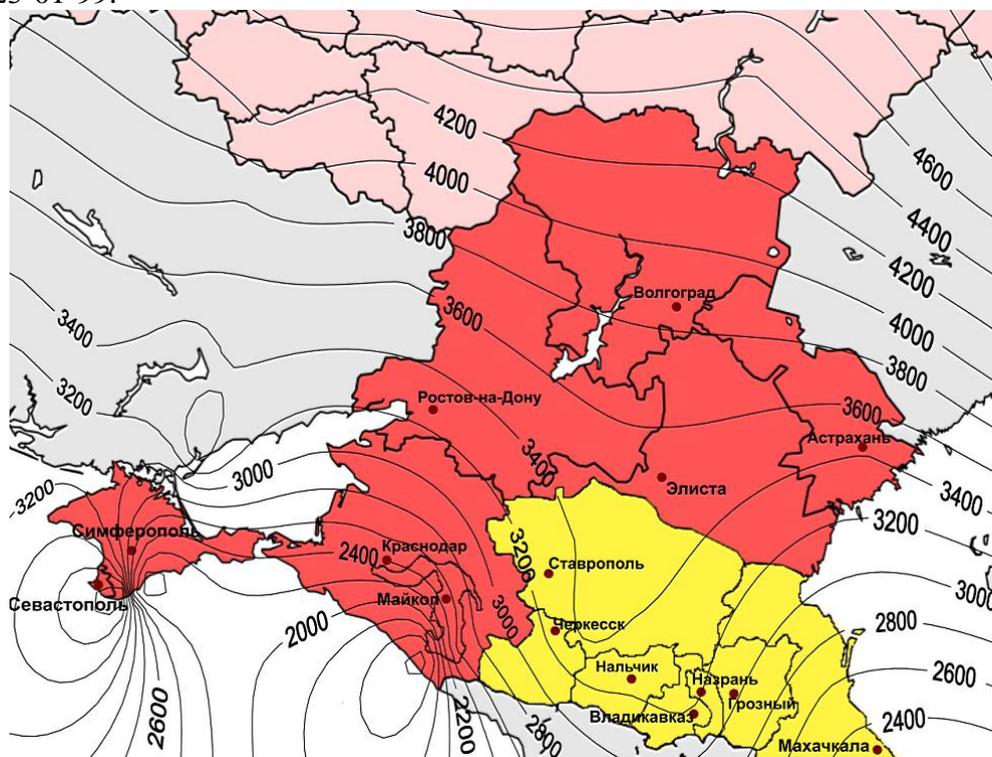


Рис. 2 Карта изолиний градусосуток отопительного периода Южного федерального округа (ГСОП), °С·сут.

Основным параметром климата, определяющим солнечную архитектуру, является суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность при действительной облачности.

Для составления карты изолиний (рис. 3) солнечной радиации необходимо было собрать данные о суммарной солнечной радиации при действительных условиях облачности, которая попадает на вертикальную поверхность южной ориентации за 1 час в отопительный период в городах Южного федерального округа, а также городах, близких стран, – для более точного построения изолиний.

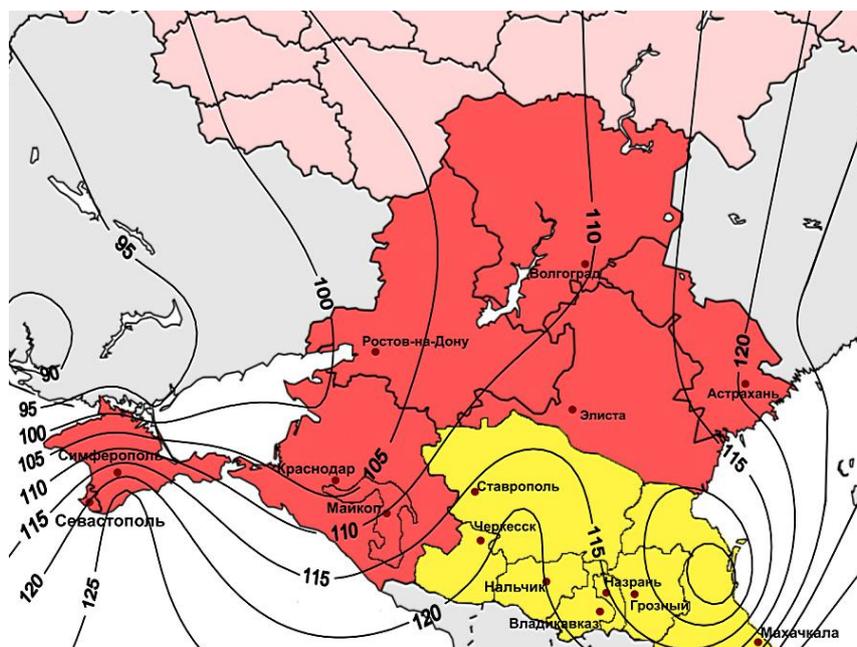


Рис. 3 Карта изолиний суммарной солнечной радиации, попадающей на вертикальную поверхность южной ориентации за отопительный период, кВт·ч/м²

В зависимости от градусосуток отопительного периода и солнечной радиации могут быть даны рекомендации по применению типа устройства пассивного солнечного нагрева и выбора светопрозрачной конструкции с оптимальными характеристиками.

С учётом жаркого времени года в архитектуре энергоэффективного здания необходимо предусматривать:

- помещения для тепловой защиты;
- конструктивные элементы здания в качестве солнцезащиты;
- наружные солнцезащитные устройства.

Наиболее доступными и эффективными являются наружные солнцезащитные устройства. В статьях [6,7] приведены математические модели процесса инсоляции зданий. В основе этих моделей лежит солнечная геометрия, описанная суточным конусом солнечных лучей. Для формообразования стационарных солнцезащитных устройств (СЗУ) в виде пространственных форм самым информативным и универсальным методом является использование т.н. «солнечных карт», в основе которых лежит модель суточного конуса солнечных лучей. Влияние особенностей климата Российской Федерации и ориентации здания на выбор типа стационарного солнцезащитного устройства рассмотрено в статье [8]. Результаты этих исследований нашли отражение в Своде Правил «Устройства солнцезащитные зданий. Правила проектирования» На (рис. 4) изображён фасад здания с солнцезащитными устройствами в виде конической поверхности.



Рис. 4. Солнцезащитное устройство в виде конической поверхности

Совместно с Ассоциацией экспертов по экотехнологиям, альтернативной энергетике и экологическому домостроению Института теплофизики СО РАН, г. Новосибирск были подготовлены Концепция и Рамочное техническое задание на разработку комплексного проекта экоусадьбы Академии строительства и архитектуры ФГАОУ «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского». Объекты центра будут выполнены, как действующие учебные лаборатории для подготовки студентов в области инновационного проектирования, строительства и эксплуатации и проведения научных работ.

Энергоэффективные солнечные дома создаются в результате комплексного проектирования, которое использует местные источники энергии и материалы, и климатизацию внутреннего пространства в большей мере архитектурными средствами, чем инженерными средствами [9].

Один из вариантов эскизного проекта энергоэффективного здания для Экоусадьбы представлен на (рис. 5) и тепловой баланс за отопительный период на (рис. 6).



Рис. 5. Проект энергоэффективного коттеджа, авторы: Дворецкий А.Т., Стехина А. С.

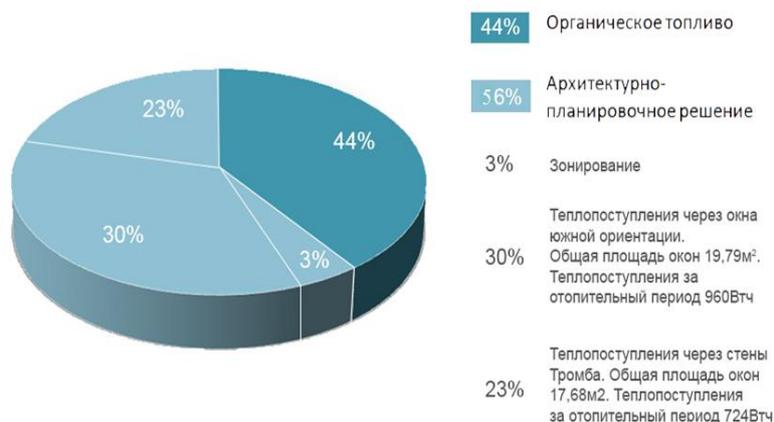


Рис. 6. Тепловой баланс коттеджа за отопительный период (пассивный солнечный нагрев – 53 %)

Вывод

В районах с большим количеством солнечной радиации (от 2000 до 2500 солнечных часов в году) основная доля по отоплению и охлаждению здания должна быть отнесена к его архитектуре, что значительно снижает затраты на органическое топливо и уменьшает выбросы углекислого газа.

Литература

1. Шубин И. Л., Спиридонов А. В. Проблемы энергосбережения в российской строительной отрасли/ *Энергосбережение*, №1 – 2013. С. 15-21.
2. David A. Bainbridge. *Passive Solar Architecture. Heating, Cooling, Ventilation and Daylighting Using Natural Flows*/ David A. Bainbridge and Ken Haggard// Chelsea Green Publishing. Vermont, 2011, 300 p.
3. Дворецкий А.Т. Влияние солнечной радиации на продолжительность отопительного периода и периода охлаждения зданий в Крыму/ *«Биосферная совместимость: человек, регион, технологии»*. №3(7), Курск, 2014. С 74-81.
4. Дворецкий А.Т., Клевец К.Н. Избыток тепловой энергии в системах пассивного солнечного нагрева зданий// *Строительство и реконструкция* - Орёл. №5 (67), 2016. С. 79-86.
5. Дворецкий А.Т., Денисова Т.В., Клевец К.Н. Карта изолиний градусо-суток отопительного периода для территории Российской Федерации// *«Строительство и техногенная безопасность»* №4(56), Симферополь, 2016. С. 14-18.
6. Подгорный А.Л., Щепетова I.M., О.В. Сергейчук, О.М. Зайцев, В.П. Процюк. *Світлопрозорі огороження будинків.* – Київ.: Витрина, 2005 р.-281 с.
7. Дворецкий А.Т., Спиридонов А.В., Моргунова М.А. Влияние особенностей климата Российской Федерации и ориентации здания на выбор типа стационарного солнцезащитного устройства// *Биосферная совместимость: человек, регион, технологии*. Курск, ЮЗГУ. ", 2016. – Вып. 4 (16) – С. 50-57.
8. Дворецкий А.Т., Моргунова М.А., Сергейчук О. В., Спиридонов А.В. Методы проектирования стационарных солнцезащитных устройств/ *Светотехника*. Москва. № 6, 2016. С. 43-48.
9. Дворецкий А.Т., Клевец К.Н., Дворецкий Д.А. Энергоэффективная архитектура зданий в смешанном климате/ *«Жилищное строительство»*. №3, Москва, 2015. С. 14-18.

СИБИРСКАЯ ЭКО-УСАДЬБА – АНАЛИЗ РЕАЛИЗОВАННЫХ РЕШЕНИЙ***Зырянов В.В.****Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск*

В условиях сибирского климата с коротким и непредсказуемым строительным сезоном на проблемном грунте был реализован проект полуавтономной эко-усадьбы с применением ряда новых технологий и патентованных технических решений. Были адаптированы некоторые идеи умного дома в пассивном исполнении. Проект вписывается в концепцию устойчивого развития населенных пунктов, которая подразумевает на стадиях строительства и эксплуатации бережное отношение к окружающей среде и минимальное потребление не возобновляемых ресурсов. Более того, при строительстве было утилизировано с пользой множество отходов (табл. 1).

Реализованный пилотный проект необходимо рассматривать в контексте российских и планетарных проблем - экологических, климатических, социальных. В условиях слабо развитой инфраструктуры, например, в Сибири, многих развивающихся странах и некоторых регионах развитых стран, полуавтономные населенные пункты имеют очевидное преимущество при условии доступа к электроэнергии. Треть территории планеты практически не обустроена, т.к. не охвачена электрической сетью, а на освоенных цивилизацией землях нарушения экологии нередко имеют необратимый характер. Очевидно, что оставшиеся свободные территории должны осваиваться на современных решениях и строгих требованиях по сохранению окружающей среды. Большие усилия прилагает мировое научно-техническое сообщество к разработке альтернативной энергетики на возобновляемых ресурсах. Однако проблема остается горячей, а надежды не оправдываются. Производимая в ряде развитых стран «альтернативная» энергия поддерживается бюджетами искусственно в расчете на снижение стоимости при масштабном использовании. Резиденции в автономных населенных пунктах с современным уровнем цивилизации в чистой среде востребованы при условии доступной распределенной генерации. Возобновляемые источники энергии – солнце, ветер, биоресурсы имеют принципиальный недостаток – непостоянство, поэтому нуждаются в системах аккумулирования энергии и умных сетях. Для налогоплательщиков альтернативная энергетика преподносится экологически чистой, в оправдание сильно завышенной стоимости. Однако это совсем не так – повышенная стоимость однозначно указывает на большие экологические издержки, т.к. в стоимости всех товаров и услуг заложена рыночная цена на энергию. Экологические проблемы просто остаются на месте производства энергетических установок, а преимущества демонстрируются в местах потребления. Автор начинал заниматься проблемами эко-строительства в 1980-90 гг. вместе с другими энтузиастами в Академгородке [1], а в 2000-е профессиональной научной деятельностью стала разработка наноматериалов для реализации чистой распределенной энергетики [2-3]. Эко-поселения с устойчивым типом развития и чистая распределенная энергетика взаимно дополняют друг друга и проявляют очевидный синергизм: автономным поселениям нужна электроэнергия по цене сетевой, а для инвестиций в разработку микроТЭС требуется надежный спрос. Синергизм усиливается также современным трендом в автомобильной отрасли – электромобилями, для массового распространения которых не хватает только инфраструктуры заправок. В поселениях с избытком электроэнергии в ночное время такая инфраструктура появляется автоматически. Главная проблема распределенной генерации, связанная с неустойчивым по-

треблением энергии, легко и без затрат решается в эко-поселениях, в т. ч. за счет подсветки в теплицах для утилизации углекислого газа. Для чистой безотходной генерации планируются не востребуемые виды твердого топлива – высокозольные угли и сланцы, отходы углеобогащения, а в качестве возможной добавки – торф, био-отходы, шламы водоочистки. Эти некондиционные ресурсы распространены повсеместно, имеют практически неограниченные запасы и нередко отрицательные цены. С учетом резкого снижения затрат на транспорт, потребляющего в основном жидкие углеводороды, альтернативы предлагаемой концепции рационального использования сырья не существует. Для полного сжигания пылевидного некондиционного топлива и получения вместо золы дорогих микросферических материалов достаточно обогащения воздуха кислородом до 30-40% [2]. Нам удалось разработать архитектуру тонкой кислородной мембраны на основе многоуровневого нанокерметаиз лучших проводников $\delta\text{-Bi}_2\text{O}_3/\text{Ag}$ с рабочей температурой 500 °С, которая внушает оптимизм в получении кислорода для угольной энергетики. В технологии используется отработанное тепло с реактора и очищенные отходящие газы для сдувания кислорода. Успехи в разработке ключевого элемента распределенной мультигенерации приближают реализацию идеи автономных эко-поселений, доступных среднему классу.

Общие положения

Реальная коммерциализация новых подходов и строительных технологий в пакете для резиденций возможна только после демонстрации пилотного проекта и только при организованном строительстве поселений. При создании индивидуального дома важно выдержать баланс между стоимостью строительства и будущими затратами на содержание и ремонт. Разумно придерживаться стандартного критерия, что инвестиции в материалы, технологии или инженерные системы должны окупаться за 5 лет. Ясно, что идеальное для бухгалтера строительство дома за сезон технологически невозможно, а затягивание строительства до 4-5 лет снижает эффективность семейных инвестиций. Мы надеялись завершить дом за 4 сезона, но успели только за 5. В условиях короткого строительного сезона крайне важным моментом строительства дома является организация работ и закупок, с которыми должны быть согласованы проект, способы строительства, материалы и технологии. Не учет возможных погодных условий в организации работ грозит большими потерями, чем простая разница в ценах на материалы. Крайне важно разделить строительство дома на такие этапы, которые являются естественными и не приводят к удорожанию и снижению качества, переделке сделанного и т.п. Мы старались максимально использовать временные возможности для раннего освоения участка – сажали деревья и кустарники, когда не было возможности вести строительные работы. Создание газона и зеленых насаждений в оптимальное время и затем их поддержание имели приоритет даже перед строительными работами, т.к. это самый медленная стадия в создании усадьбы. Быстрое строительство выгодно, но на проблемных грунтах крайне рискованно. Фактически на устранение рисков, связанных с глинистым грунтом, ушел дополнительный сезон. Как бы быстро не осуществлялось строительство, все равно создание крыши приходится на осень с непредсказуемыми погодными условиями. Дом без крыши требует немалых затрат для консервации на зиму. Теплый дом-термос с крышей, но без закрытого периметра выхолаживается в зимний период, что также крайне нежелательно. Естественный отопев дома происходит только к середине лета. Планирование должно минимизировать риски резкого выраженного сезонного строительства, хотя это и крайне сложно. График необходимо планировать на основе лимитирующей последовательности операций, но одновременно должен быть фронт резервных работ, которые можно выполнять, например, при непригодных погодных условиях, - дожде, сильном ветре, заморозках. Иначе возникает простой в условиях дефицита времени для наружных работ с высокой производительностью.

В нашем случае приходилось также чередовать виды работ, чтобы уменьшить усталость. Хотя все выше перечисленные моменты принимались во внимание, тем не менее, в реальном процессе не удалось полностью избежать негативного воздействия погодных условий.

Критерии выбора основных проектных решений, материалов, технологий и инженерных систем:

Выбор участка:

- цена, размер, стоимость сотки;
- расстояние до обслуживаемой дороги с твердым покрытием;
- вид из окна;
- наличие сетевой электроэнергии;
- южные склоны.

В результате был выбран домик в деревне в 7 км от Академгородка в 40 м к югу от асфальтовой дороги с участком более 15 соток по стоимости 100 тыс. руб за сотку, с юго-восточным уклоном и перспективным видом из окна на пруд и гору с горнолыжной трассой. Недостатки участка выявились при строительстве: множество мусора, скрытые брошенные погребки (один попал под угол фундамента гаража), влажный глинистый грунт, комары летом, холодное место (пониженная до 5 градусов температура в сравнении с Академгородком), въезд на участок постоянно заваливают снегом, активное стрельбище через дорогу. Главной проблемой оказался влажный глинистый грунт с очень низкой несущей способностью (местность недаром называется «Ключи»).

Проект:

- стандартный покупной,
- индивидуальный заказ архитекторам с сопровождением при строительстве,
- собственный.

После безуспешного многолетнего поиска подходящих проектов мы остановились на собственной разработке. Предлагаемые проекты, как правило, не адаптированы к сибирским условиям, сильно отстают от современных возможностей при завышенной стоимости услуг. Выбор полностью оправдал себя экономией средств и времени, т.к. в проект постоянно вносились изменения в режиме обратной связи из-за множества новых решений, в т. ч. и радикальных, например, в фундамент, крышу дома и пристройки.

Способ строительства:

- семейный,
- контракт с фирмой,
- заказы сезонным бригадам (серый бизнес).

Выбран семейный способ с привлечением на отдельные виды работ компаний (окна, двери, подвесные потолки), временных бригад (крыша, сайдинг, разбор старого дома), индивидуальных услуг (кран, перенос счетчика, доставка грузов). Автор строил в основном один с помощью членов семьи. Плюсы этого – оптимальное использование материалов, высокая производительность, качество скрытых работ, минимальная цена строительства. Привлечение исполнителей со стороны было вынужденным и сопровождалось многочисленными издержками. Главные из них – при рыночной договорной цене сроки не выдерживались, что порождало много проблем в последующем. Работу с исполнителями из серого бизнеса рекомендуется вести только при невозможности других вариантов, с подписанным заверенным в нотариальной конторе договором без предварительного аванса за работу. Минусы индивидуального (с привлечением членов семьи) строительства – затягивание сроков (плюс 1 сезон в конечном итоге), а также риски, связанные с травматизмом.

Коммуникации:

- дорога;
- электричество;
- чистая вода;
- отвод воды;
- отопление;
- интернет и связь.

Первой операцией на строительстве после очистки от мусора и посадок по границам участка было строительство мостика через канаву и дороги по участку до асфальтовой трассы. При планировке и снятии слоя почвы трактором обнаружилась особенность грунта на участке. Из-за высокой влажности и высокого~45% содержания минералов глин грунт под нагрузкой превращался в вязкую жидкость – это т. н. тиксотропия - известное свойство коллоидных систем. В результате трактор чуть не утонул при планировке. Этот натуральный эксперимент полностью изменил планы строительства дороги и фундамента. Дорога была сделана за неделю методом ручной планировки со стабилизацией грунта комбинацией реагентов с золой уноса. С поверхности на дорогу нанесли отсев и с обеих сторон создали дренажные канавы для отвода избыточной воды. Эксплуатация дороги, сделанной максимально дешево и в основном из отходов, показала отличные результаты – десятки груженых КАМАЗов с массой 20 т не испортили дороги, даже залитой водой в результате проливных дождей.

Электричество к участку было подведено, потребовался лишь перенос счетчика после слома дома, т. е. с первого дня строительства был доступ к электроэнергии, хотя и с перебоями (поэтому фронт резервных работ просто необходим).

Проблема водоснабжения сразу была разделена на две: чистая вода – продукт питания, поэтому рассчитывали на сервис по доставке воды в бутылках; техническая вода – из собственной скважины глубиной 21 м. Ее пробурили сразу после разметки участка с выходом трубы в подвал будущего дома. Вода из скважины оказалась периодически мутной и с большим содержанием железа. Изначально предполагалось совмещение водной системы с системой отопления путем размещения в подвале баков для хранения воды и серых стоков. Поэтому низкое качество технической воды из скважины не вызывало опасений ввиду несложной технологии ее пассивной очистки.

Для сокращения стоков воды, которая выходит в основном из ватерклозетов в обычных домах, запланирован очень простой сухой био-реактор. Твердые отходы с туалета и кухни накапливаются и перерабатываются в теплом подвале до 1 года с последующей 2-х летней доработкой до гумуса в силосной яме на участке. Объем серых стоков сокращается в 2 раза. Для них был сделан подземный резервуар на 10 кубометров в 4 м к северу от дома. Заложена возможность принудительного освобождения резервуара и пассивного через дренаж. К югу от дома такой же резервуар сделан для сбора дождевых вод с возможностью использования для летнего полива. Несмотря на теоретическую возможность подвода газа, мы изначально ориентировались на полуавтономный эко-дом с отоплением в основном на камине с березовыми дровами. Камин является неотъемлемой частью собственного дома, его центром и принципиальным качественным отличием от квартир. Дрова являются экологическим и эффективным видом топлива, фактически это лучший вариант использования солнечной энергии. Мы не имели начальных затрат на подключение к газовой трубе и очевидных рисков с пожарной опасностью, вдобавок, березовые дрова являются выгодным энергетическим ресурсом. Чтобы для отопления дома с площадью 200 м² хватало камина с максимальной теоретической мощностью ~20 кВт, было предпринято множество усилий с разумными затратами.

Архитектура дома

При разработке архитектуры дома в Сибири необходимо учитывать баланс между капитальными и эксплуатационными затратами. Главными параметрами эко-дома, на наш взгляд, являются потребление энергии и воды. Минимизация потребления воды в первую очередь необходима не для снижения затрат (вода из скважины), а со сложностью водоотвода зимой. В конструкции дома реализована взаимосвязанная пассивная система для отопления, водоснабжения, канализации и вентиляции, включающей пакет решений:

- солнечная ориентация дома (открытое пространство с юга, посадки елей на севере),
- тепловое зонирование (пятистенка с жилой южной половиной дома);
- тепловые буфера (теплица с юга, крыльцо с севера, гараж и зимний сад с востока на всю высоту дома);
- плоская кровля;
- подвальное помещение в полдома для инженерных систем;
- подземные резервуары вне дома для хранения, очистки и отвода воды.

Солнечная ориентация выполнена для комфортной инсоляции и температуры в жилых помещениях – окна выходят строго на юг на открытое пространство. Зимой отражение солнечного излучения от снега компенсирует дефицит инсоляции и дополнительно согревает дом. Энергия солнечных лучей, поступающая через окна, превышает тепловые потери через проёмы. Воздух в пристроенной с юга в качестве буфера теплице нагревается выше 0 °С даже в 20 градусные морозы. Дом выполнен в виде классической пятистенки. Центральная стена с толщиной от 1 м внизу до 0.5 м вверху, является основной несущей опорой для перекрытий. Именно эта стена обеспечивает высокую тепловую инерцию всего дома при минимальных затратах - грунт при создании подвального помещения использовался для заполнения колодцев в кирпичной кладке. В стене выполнен также дымоход для камина и каналы для пассивной вентиляции. Для устранения мостика холода в цоколе и фундаменте реализован целый пакет решений, включающий: деревянные вставки в бетонную стяжку цоколя, на которых крепился деревянный каркас; утепление изнутри и снаружи пеноплексом; покрытие цоколя керамогранитом; утепление метровой отмостки; создание дополнительного рва вокруг дома, заполненного использованными автошинами со строительными и бытовыми отходами. Ров играет также защитную роль для фундамента – релаксирует механические нагрузки от пучения, не пропускает грунтовые воды на глубине до 1 м. Поверх рва выполнена канавка для отвода воды в дренажные колодцы и далее за пределы участка.

Фундамент

На пучинистых грунтах особую роль играет фундамент. В соседних капитальных домах, построенных традиционными технологиями типа ростверк, монолитная бетонная плита, проявились серьезные проблемы с фундаментами, в результате в домах либо разрушились стены, либо образовались трещины при прочих проблемах. Фундамент был сделан очень быстро и дешево на основе новой технологии, на которую получены патенты [4]. Бурением за 4 часа по всей линии фундамента выкопали ямы глубиной 2 м с шагом 1 м и диаметром 20 см, которые обработали стабилизирующими грунт добавками солей кальция, и залили расширяющимся раствором на основе бурого угольной золы уноса. Для связи таких «имплантированных» свай использовали стеклопластиковую арматуру (всего 200 м), поверх которой отлили прямо в грунтовой опалубке бетонный ростверк толщиной 20 см. На таком фундаменте соорудили цоколь из кирпича высотой 0.7 м, заполненный грунтом из подвала. Фундамент выстоял, как в процессе строительства, когда все заморозило, а потом оттаяло, так и под полной нагрузкой, в т.ч. после замораживания и оттаивания. По расчетам, за 3 года диффузия коллоидного стабилизатора грунта должна создать со сваями монолитный ростверк из стабилизиро-

ванного грунта на глубину до 2.5 м с шириной до 1.5 м. Несущая способность исходного грунта при влажности 16% составляла 1, а после стабилизации 2.5 кГ/см². Защитный ров вокруг дома предохраняет фундамент в т. ч. от вымывания стабилизатора грунтовыми водами.

Стены

Принято считать, что чем теплее стены, тем лучше. На самом деле, окна для солнечного освещения помещений должны составлять десятую часть площади, а они даже в лучшем исполнении многократно уступают теплозащите стен. Поэтому была реализована простая и дешевая многослойная каркасная конструкция стеновых ограждений шириной 55 см с оценкой теплового сопротивления ~6. Стены выполняют сразу много функций: достаточная несущая способность внутренних стен, морозостойкая внешняя облицовка, тепловая защита, ветровая изоляция, низкая паропроницаемость, ИК-отражающий металлизированный утеплитель и внутренняя отделка. Каркас из основной доски 200x40мм был заполнен соломой и обит оргалитом. Наружные стены выложены из облицовочного пустотного кирпича, заполненного вспученным вермикулитом, внутренние – полнотелым кирпичом, проём между каркасом и кирпичными стенами заполнен вермикулитом, соломой и пеной в проемах. Перевязка между внутренними и внешними стенами была выполнена стеклопластиковой арматурой без мостиков холода. Каркасная конструкция дома планировалась заранее и не подвергалась сомнению. Практика реализации показала ряд минусов и неудобств, в первую очередь в организации и качестве работ. На начальном этапе строительства, когда кладка стен только началась, деревянный каркас дома высотой более 6 м подвергся сильной деформации из-за порывистого ветра. При кладке стен отклонения каркаса от вертикали сверх заложённых 3 см (до 10 см, выравнивание каркаса натяжкой анкерными болтами в кирпичных стенах уменьшила до 6 см) привели к снижению производительности труда при кладке, искажению плоскости стен (в основном внутренних) и углов. В итоге при монтаже кровли обнаружилась ее трапециевидная форма, что также сказалось на качестве и производительности. Недостаточно технологичной оказалась процедура заполнения каркаса с внутренней стороны дома. Уже после строительства были найдены технические решения намного проще и дешевле, которые сохраняют все преимущества каркасной конструкции. Решения готовятся к патентованию.

Перекрытия

В качестве перекрытий были использованы стальные трубы 100x50 на всю ширину дома с опорой на центральную стену. Такое решение имеет много плюсов: монтаж труб длиной 11 м с шагом 1 м под деревянный каркас и максимальным пролетом 5.3 м был сделан очень быстро и без привлечения техники. Нагрузка на внутренние кирпичные стены в полкирпича оказалась приемлемой, т.к. балка получается фактически закрепленной с одного конца; стоимость перекрытий оказалась намного дешевле обычных решений. В отличие от деревянных перекрытий пожар с разрушением всего дома практически невозможен. Минусы: трубы подверглись коррозии, а защита снаружи потребовала трудоёмкой очистки от ржавчины и нанесения дорогих покрытий. Прогиб труб наблюдается в доме, но возможно это остаток от деформации на стадии строительства, т.к. все строительные материалы массой более 100 т были размещены на черновой пол на балках. Прогиб перекрытий не замечен при создании подвесных потолков. Необходимо было осуществлять защиту труб от коррозии сразу после покупки. Коррозия внутри труб, к сожалению, не прекратится, что вызывает некоторую тревогу. Необходимо не допускать осадения влаги на трубы, особенно в подвале.

Кровля

Плоская кровля - самое рискованное решение в доме, которое имеет максимальное количество плюсов и минусов. Мы считаем, что риск был оправдан, хотя природ-

ные катаклизмы могут сильно навредить дому, а именно – сильный продолжительный ливень с ветром, в результате которого слив может не справиться из-за малого наклона и тогда вода попадет в стены. Плюсы плоской кровли:

- дополнительная площадь 100 кв. м на высоте 7 м для отдыха с прекрасным видом на природу вокруг и практическим отсутствием гнуса, теплое солнечное место для солярия, бассейна, декоративных и прочих растений. Отметим, что комары и мошкара отравляют жизнь на природе большую часть теплого времени года;
 - дешевле и быстрее в конечном итоге исполнение, несмотря на сделанные ошибки и перерасход материалов и времени;
 - дополнительное утепление дома без затрат в холодное время года слоем снега ~ 1 м.
- Минусы плоской кровли связаны с необходимостью ее обслуживания:
- уборка снега не менее 100 кубометров в марте месяце;
 - пропитка деревянного пола из лиственницы.

Окна и система отопления

В доме смонтированы лучшие глухие окна с двухкамерным уширенным стеклопакетом с металлическим напылением, с 6-камерным пластиковым профилем, с сопротивлением теплопередаче около 1. Функция вентиляции с окон переложена на отдельную систему приточной вентиляции и двери. В доме для выполнения стандарта по освещенности сделано 17 глухих окон и две застекленные двери в буферные помещения зимнего сада и теплицы. Такое решение резко снизило затраты на окна и практически устранило нежелательную инфильтрацию холодного воздуха. 40% тепловых потерь дома в этом случае приходится на окна, т.е. повышение теплового сопротивления стен не имеет смысла. Наоборот, дополнительная защита окон рольставнями снаружи и, например, римскими шторами изнутри увеличивает сопротивление оконных проемов до 1.25, а это повышает температуру воздуха на 4 °С при тепловом напоре 50°С. Экономически дополнительные опции для окон более чем оправданны при выполнении пакета пассивных технических решений для снижения потерь тепла:

- 1) солнечная ориентация дома (+ отражение солнечной радиации от снежной поверхности, снижает тепловой напор на 2° и экономит 2000 руб. за сезон);
- 2) тепловое зонирование (перепад температур 6-8 градусов);
- 3) высокая тепловая инерция: а) внутренние стены внешнего ограждения (60 т кирпич); б) центральная несущая стена (20 т кирпич + 55 т грунт); в) деревянные конструкции (10 т) и другие материалы (15 т), всего = 160 т внутри дома-термоса; г) техническая вода и серые стоки в баках объемом до 20 м³ в подвале; д) тепловой аккумулятор для уменьшения суточных колебаний температуры на глауберовой соли с фазовым превращением т ↔ ж (0.5 кубометра, эквивалентные ~5 кубометрам воды);
- 4) буферные сооружения (снижение тепловых потерь дома на четверть);
- 5) плоская многослойная крыша с хорошим утеплением, включая 20 см соломы, и дополнительной защитой слоем снега 1 м (в итоге тепловые потери через крышу становятся незначительными);
- 6) подогрев воды из скважины с $t = 7\text{ }^{\circ}\text{C}$ в резервуарах серых стоков ($t \sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$) до комнатной температуры перед подачей в краны;
- 7) большой объем воздуха в доме (700 м³), 100 т абсорбента (глины) и «слабо дышащие» стены вместе с дверьми в буферные помещения позволяют максимально снизить потери тепла на приточную вентиляцию, а в сильные морозы (например, при -30 °С ночью) вентиляция переходит в пассивный дневной режим (примерно -20 °С) с предварительным подогревом в грунте и баках серых стоков до примерно +10 °С.

Совокупность совместимых решений обеспечивает низкие потери тепла при высокой тепловой инерции дома, что дает принципиально важный бонус в виде отсутствия традиционной системы отопления с мощным котлом и разводкой тепла, батареями,

с помещением для хранения топлива, системой мониторинга и управления. Исчезают не только огромные затраты, но и головная боль по поддержанию системы. По результатам тестирования незавершенного дома в долгую холодную зиму 2016-17 гг. можно сделать вывод, что 1 кВт тепловой мощности хватает на поддержание теплового напора 4-5°C, а при завершении работ - 6°C. Это означает, что при среднем тепловом напоре за 5 холодных месяцев 30°C (-12 ÷ +18) постоянное потребление 2 кВт электроэнергии (из 5 максимальных), устраняет 12°C напора, остаток 18°C должен покрываться камином (16°C) и солнцем (2°C). При отоплении камином с водяной рубашкой (КПД ~70%) требуется 46 кг дров в сутки. Стоимость отопления будет составлять 3000 руб. в месяц за электроэнергию и до 4500 руб. за березовые колотые дрова, всего до 7500 руб. в месяц. Это достаточно много, но других затрат нет, а в среднем за год получается 5000 руб. в месяц, т.е. как в 3-х комнатной квартире с площадью в 3 раза меньше. При цене дров 1500 руб. за кубометр, кг сухой березы реально обходится в 3.2 руб. Сопоставимые цены на дрова и электричество не стимулируют экономию электроэнергии, а требуют снижения тепловых потерь и повышения надежности энергоснабжения. Пассивное тепловое зонирование в доме обеспечивает комфортные условия в жилой зоне 22°C при приемлемой температуре у входной двери 14°C. Обогрев всего дома до 22°C увеличивает затраты на 13%. Отметим, что тепловая инерция дома позволяет сохранять комфортную температуру именно в ноябре-декабре, когда недостаточна солнечная инсоляция. В марте пассивный обогрев от солнца через окна составляет уже заметные 4°C при тепловом напоре 26°C.



Вид на дом с юга.

Заключение

Реализован за 5 лет пилотный проект экологической усадьбы с капитальными затратами в 3 раза ниже рыночных за кв. м жилой площади, но с добавкой гаража и других помещений, и эксплуатационными затратами в 3 раза ниже, чем в квартирах многоэтажных домов. Проект показывает перспективы распространения идей и технологий эко-строительства. Нормальная реализация путем организованного строительства эко-поселений обеспечит быстрое строительство с улучшенным качеством работ и сниженной себестоимостью. Создание микроТЭС для распределенной мультигенерации ускорит концептуальный переход к массовому строительству эко-поселений с устойчивым типом развития, при этом могут решаться безнадежные проблемы с отходами мегаполисов.

Таблица 1. Утилизация с пользой отходов при строительстве усадьбы

Отход	Количество	Где	характеристика
Буроугольная зола уноса	10 т	Дорога - 4 т, фундамент - 4 т, добавка в раствор и бетон - 2 т	Стабилизация грунта, расширяющийся бетон, пластичный раствор
Солома	70 м ³	Стены, кровля	Утеплитель
Отсев	30 т	Дорога – 10 т, отмостка – 10 т, пол в гараже – 4 т, бетон – 6 т	Дешевый инертный заполнитель, заменитель мелкого щебня и песка
Автомобильные шины	100	Защитный ров – 85, Дренажные колодцы - 15	Упругий заполнитель
Пластиковые емкости (бутылки)	1000	Защитный ров - 1000	Упругий заполнитель-теплоизолятор
Бетонные блоки	10 м ³	Основание забора	Заполнитель для бетона
Обломки бетонных плит	3 м ³	мостик	Заменитель щебня и бетона
Кирпичный бой	5 м ³	Отмостка	Заменитель щебня
Стальные трубы	40 м	Основание для каменных террас	Заменитель бетонного фундамента
Асбестоцементные трубы	40 м	Ливневая канализация	Замена покупных труб
Поддоны	150 шт.	Забор, ворота, садовая мебель, дрова	Замена пиломатериала и дров

Литература

1. Зырянов В.В. Решение глобальных экологических проблем на основе локальных минитехнологий производства композиционных строительных материалов для экологического строительства // Химия в интересах устойчивого развития. 1995. В. 3 №3, с. 215-230.
2. Zyryanov V.V. Possibilities of Creating a Pure CoalFired Power Industry Based on Nanomaterials // Thermal Engineering. 2015. V. 62. No. 8. P. 577–585.
3. Зырянов В.В. Нанокompозиты различной структуры для экологически чистого производства электроэнергии из угля // Конструкции из композиционных материалов. 2012. № 3, с. 23-35.
4. Пат. РФ № 2592588. Состав для стабилизации глинистого грунта и Способ создания грунтовых дорог с его использованием / Зырянов В.В. Действует от 15 июня 2015, зарегистрирован 27.07.2016. Бюл. №21.

СТРОИТЕЛЬСТВО ЭКОДОМОВ В РАЗНЫХ СТРАНАХ

Огородников И.А.

*Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения РАН,
г. Новосибирск*

Введение

Экологическое строительство сегодня — один из актуальных мировых трендов и относится к строительству всех типов зданий. Этот тип строительства возник в 60-х годах прошлого столетия на примере строительства индивидуального жилья и был незаметным до конца 20-го века. В России развитие экологического домостроения началось в начале 80-тых годов в Новосибирском Академгородке. В 1987 году было введено понятие и термин «экодом», которые сейчас широко используются.

Экодом – это система с накоплением экологического ресурса в процессе жизнедеятельности человека. Эта система состоит из энергоактивного дома и приусадебного участка. Участок предназначен для биологической переработки и утилизации всех жидких и твердых органических отходов и выращивания сельхозпродукции с помощью природных биоинтенсивных методов, методов вермикультуры и пермакультуры. Эти методы позволяют наращивать экологический ресурс приусадебного участка значительно быстрее, чем в естественных природных условиях. Экодом должен быть доступен по цене всем слоям населения РФ.

Резкий интерес к вопросам экологического домостроения возник в последнее десятилетие, когда в мировом сообществе произошло осознание, что человеческая цивилизация играет существенную роль в разрушении экосистемы нашей планеты, вводя ее своей деятельностью в неустойчивое состояние. Но уже в начале 20-го века это предвидели два наших великих соотечественника А.П. Павлов и В.И. Вернадский. «Исходя из геологической роли человека, А.П. Павлов в последние годы своей жизни говорил об антропогенной эре, нами теперь переживаемой. ... он правильно подчеркнул, что человек на наших глазах становится могучей геологической силой, все растущей», вспоминал В.И. Вернадский и, развивая эту мысль, писал: «В геологической истории биосферы перед человеком открывается огромное будущее, если он поймет это и не будет употреблять свой разум и свой труд на самоистребление».

В ходе подготовки конференции ООН по окружающей среде и развитию, проходившей в Рио-де-Жанейро в 1992 году и процессе исследования проблем глобального потепления выяснилось, что города, основной компонентой которых являются здания, являются одним из главных источников загрязнения окружающей среды. [1] Полученные данные статистики показывают, что здания всего мира «потребляют» около 40% энергии, 67% электричества, 40% сырья и 14% всей потребляемой питьевой воды. При этом они производят 35% всех выбросов углекислого газа и около половины твердых бытовых отходов. Индивидуальный жилой сектор составляет более 60% в западных странах. В России индивидуальные дома составляют около 40% жилого фонда.

В последние десятилетия малоэтажное жилищное строительство становится основным средством решения жилищной проблемы в России. Объем вложений средств населения по данным Росстата в индивидуальное строительство больше 500 млрд. в год. Большинство домов строится по устаревшим технологиям и сточки зрения энергоэффективности, и с точки зрения экологичности и вносят соответствующий вклад в разрушение экосистемы.

Вторым важным фактором, требующим перехода на экотехнологии, является то, что 25% продуктов, которые потребляются в России, производится в индивидуальном частном секторе и на садовых участках. Стоимость произведенной продукции по данным Росстата оценивается в 2.4 трл. руб. в год. Продукты обладают лучшими экологическими характеристиками, чем в агрофирмах, которые в настоящее время производят такое же количество продуктов, как и частный сектор.

Для того, чтобы не разрушать экосистему, а наращивать ее потенциал, можно, следуя идее В.И. Вернадского использовать эти две мощные тенденции для организации массового строительства экодомов. Вследствие свойств экодому с решением жилищной проблемы будет осуществляться восстановление экосистем в населенных пунктах.

В России уже разработано много технологий для малоэтажного строительства, которые соответствуют критериям 6-го технологического уклада [2][3][4][5][6][7]. Эти технологии разрознены, малоизвестны основной части застройщиков. Кроме того, практически отсутствуют кадры, владеющие совокупностью этих технологий, чтобы использовать их на практике.

Цель работы – выявление современного состояния применяемых в этой области технологий, обеспечивающих возможность строительства доступных экодомов в природно-климатических условиях России, и в особенности Сибири с целью повышения качества жизни населения.

1. Климатические условия

Климатические условия являются основным фактором, определяющим требования к экодому. Как правило, в разных климатических зонах имеются характерные доступные местные строительные материалы, которые определяют преимущественные строительные технологии. Определяющим параметром экологического строительства является теплоэффективность экодому, которая должна быть такой, чтобы обогрев альтернативными источниками тепла обеспечивал комфортное проживание людям и обеспечивал возможность использования автономного энергообеспечения с избытком по отношению к потребностям в данной климатической зоне. Ниже приведены характерные температурные условия в Европе, Северной Америке и России, которые во многом определяют выбор технологий для строительства экодому. В качестве основного параметра рассмотрим среднегодовую температуру в местах основного проживания населения.

1.1. Европа

Европейские страны живут под влиянием теплого Атлантического течения Гольфстрим. В Финляндии, например, среднегодовая температура + 1,5 °С. В северных районах Финляндии средняя температура -2 °С, но в этих районах проживает менее 1,5 % населения.

В Англии, Западной Франции, Испании, Португалии, Италии и Греции — ещё теплее и между собой они примерно равноценны по среднегодовому температурному режиму. В январе там + 5 — + 10 °С.

Западная Европа представляет собой уникальный регион. На Земле нигде нет такого теплого места, расположенного так близко к полюсу. В среднем Западную Европу, по совокупности характеристик, таких как средняя температура, длительность вегетативного периода, наличие осенних и весенних заморозков, перепада температур между летом и зимой можно сравнивать с субтропиками. В Европе не бывает или почти не бывает длительных похолоданий или жары.

Перепады температур между зимой и летом 15 — 20 °С.

1.2. США

Из-за большого размера страны, её протяжённости и широкого разнообразия географических особенностей на территории США есть районы с практически любыми климатическими характеристиками. Но большая часть США (штаты, расположенные к югу от 40° с. ш.), располагается в зоне субтропического климата, севернее преобладает умеренный климат, южная часть Флориды лежит в зоне тропиков. Прибрежные районы Калифорнии — средиземноморский климат. В целом США, географически, расположены южнее России. Благоприятный климат оказал немалое влияние на заселение материка европейцами.

Все территории, на которых расположены США, сравнимы по климату с Западной Европой, географически находятся южнее Кубани. Нью-Йорк — примерно на широте Сочи. На большей части территории страны среднегодовая температура лежит в диапазоне + 10 — + 20 °С. Среднемесячная температура в самые холодные месяцы также плюсовая. Сезонный перепад в областях страны, где проживает большая часть населения такая же, как в Европе [8].

1.3. Канада

В Канаде основная часть населения живет в двух разобщённых регионах. Восточный регион расположен у Атлантики и Великих озёр, а западный на Тихоокеанском побережье. Они находятся в окрестности параллели 43° с. ш. Среднегодовая температура в этих регионах лежит в диапазоне +4 — + 11 °С. В отдельных местах в горах, например, Калгари, на короткий период температуры могут до -45 °С, но среднемесячные температуры зимы могут быть -7 °С. Зимний период практически вдвое короче. В среднем, зимняя температура в этих районах на 15 — 20 градусов выше, чем в наиболее суровых районах Восточной Сибири, где проживает российское население. Сезонные перепады температур между зимой и летом тоже не превышают 20 °С [9].

1.4. Россия

Россия самая холодная страна в мире. Среднегодовая температура - 5,5 °С. Наиболее холодная часть России – Сибирь. Ее характеризует ярко выраженный континентальный климат с суровой продолжительной зимой, коротким, жарким, часто засушливым, летом. Температура зимой на поверхности земли (снега) опускается до -49 — - 59 °С, а летом на почве, не покрытой растительностью, достигает + 45 — + 50 °С. Перепады температур между зимой и летом достигают 80 – 90 °С.

Крупный город, расположенный в самом холодном месте -Якутск. Среднегодовая температура в Якутске -14,1 °С. Средняя температура самого теплого месяца в году меняется в Республике Якутии от +8 — +14°С в центральной части до +15 — +18°С в южной. Зима длится 7 — 8 месяцев (центр Якутии) [10].

В России, сопоставимые климатические условия с условиями в Европе, США и Канаде имеются только в Краснодарском и Ставропольском краях и в Крыму.

Все принципы, которые лежат в основе проектирования и строительства экодомов, для Российских условий такие же, как и в других странах, но конкретные технические и технологические решения должны соответствовать отмеченным температурным условиям. При этом, инженерные и технические решения должны обеспечить их круглогодичное функционирование, долговечность, экономию энергии, комфортные условия для проживающих и доступность по ценам для населения. Строительство экодомов в России решаемая, но более сложная задача, чем в западных странах и поэтому используемые там типовые технические решения нельзя использовать без соответствующей адаптации.

2. Строительство экодомов по традиционным технологиям из местных материалов

Чтобы определить подходящие для климата Сибири технологии, рассмотрим основные приемы строительства ограждающих конструкций экодомов на начальном этапе развития экологического домостроения. Это было не профессиональное строительство. Первые экодому строились по традиционным для данных местностей технологиям. Сначала приоритетным было удешевление строительства дома за счет доступных местных природных материалов. Основное внимание уделялось корпусу дома. Фактически этот период можно охарактеризовать восстановлением традиционных «ручных» технологий, которые к 60-м годам прошлого столетия были вытеснены промышленными технологиями.

Отмеченные в предыдущем разделе температурные факторы на начальном этапе развития экологического строительства не выдвигали принципиальных требований к тепловым характеристикам домов, да и строились экодому преимущественно в теплом климате. Повышенные требования к теплоэффективности экодому позже обусловят применение пассивных методов солнечного обогрева и применение альтернативной энергетики. На первых этапах этого оборудования просто не было, но элементы солнечной архитектуры уже использовались. Они, так же как и материалы, заимствовались из местных традиций. К ним относится пассивное накопление солнечной энергии через окна ориентированные на юг и массивные внутренние конструкции. Аналогом в России этих приемов являются массивные русские печи в домах. В жарких засушливых местах наоборот, создавались солнцезащитные галереи, внутренние дворики с глухими внешними стенами. Получающиеся дома уже превосходили по своим тепловым параметрам типовое строительство (например, каркасные дома, распространенные к этому времени в США).

После начала применения альтернативных источников энергии для энергообеспечения домов технологии строительства постепенно распределились по климатическим условиям. Вопросы энергоэффективности стали уделять особое внимание, что оказало существенное влияние и на применяемые технологии строительства экодому, и на развитие альтернативной энергетики.

Экологическое домостроение изначально развивалось усилиями энтузиастов и ориентировалось на местные традиции и исторически сложившиеся местные технологии строительства. Следует подчеркнуть, что отличительной особенностью нового строительства, которое можно назвать первым шагом к экологическому домостроению, стало применение пассивного использования солнечного излучения (солнечная архитектура) и компостирование отходов жизнедеятельности.

Имея это в виду, рассмотрим примеры строительства экодому по традиционным технологиям в разных природно-климатических условиях, т.к. строительство экодому в разных странах в сходных условиях практически идентично повторяют друг друга. Это относится и к технологиям строительства, и к традиционно применяемым строительным материалам. Целесообразность рассмотрения этих технологий обусловлена тем, что в России до 90% индивидуального жилья строится методом «самоотоя» с привлечением небольших строительных бригад.

2.1. Строительство экодому из самана

Саман, это смесь глины, соломы и песка с добавлением небольшого количества навоза жвачных животных – свежего или сухого. Навоз увеличивает пластичность и прочность самана. Этот тип строительного материала самый распространенный и один из наиболее древних. Ниже (рис. 2.1.1) приведены фотографии строительства экодому на фундаменте из необработанных камней и травяной крышей (США).



Рис. 2.1.1. Экодома на фундаменте из необработанных камней и с травяной крышей.

На рис. 2.1.2 приведен второй пример дома с автономной солнечной электроустановкой (Европа).



Рис. 2.1.2. Дом с автономной солнечной электроустановкой.

На рис. 2.1.3 приведены примеры строительства домов из самана в России (Краснодарский край).



Рис. 2.1.3. Дома из самана в России.

Эта древняя строительная технология является одним из самых недорогих способов построить свой собственный экологически чистый и безопасный дом, если используется личный труд. Недостатком является высокая трудоемкость этой технологии из-за отсутствия механизации и времени выдерживания самана перед использованием. Для всех территорий рассматриваемых стран и Юга России этот материал можно использовать для строительства экодомов с необходимыми теплотехническими характеристиками. При правильной защите от влаги такие дома имеют долгий срок службы. К недостаткам этого материала можно отнести длительный срок строительства из-за медленного просыхания.

В условиях Сибири этот материал не обеспечивает необходимых для строительства экодомов теплотехнических характеристик при разумной толщине стен.

2.2. Строительство из обрезков бревен и глины

Еще одна часто применяемая при строительстве экодомов технология - строительство из коротких бревен, уложенных друг на друга наподобие поленницы и скрепленных между собой саманом или известково-цементным раствором. Бревна без коры диаметром от 20 до 50 см, могут использоваться для возведения стен в качестве основного материала либо в комбинации с каркасной конструкцией.

Для строительства экодома из таких бревен используются мягкие сорта дерева, такие как кедр и сосна, которые незначительно расширяются при изменении температуры. Стены дома, построенные из обрезков бревен и связующего материала, отличаются средними изоляционными свойствами, но хорошей тепловой инерцией. Применение этой технологии ограничено умеренным климатом. На рис. 2.1.1 приведен пример такого строительства в средней полосе европейской части России.



Рис. 2.2.1. Экодома из обрезков бревен и самана.

Эта технология строительства используется при самостоятельном строительстве, так как требует много ручного труда. Обычно для скрепления бревен между собой используется раствор из смеси песка с добавлением грунта, портланд-цемента, извести и воды, но, можно использовать саман вместо известково-цементного раствора.

Для условий Сибири эта технология также не дает необходимых для экодома теплотехнических характеристик.

2.3. Строительство из соломы

Еще одна технология строительства корпуса дома основана на применении спрессованных соломенных блоков. Оштукатуренный экодом из соломенных блоков имеет стены высокой прочности и высокие теплоизоляционные характеристики.

Соломенные блоки могут использоваться в качестве несущих в тех районах, где небольшая снеговая нагрузка. Если использовать каркас, то использование соломенных блоков не имеет ограничений в любых условиях. В регионах, где выращивается много зерновых, этот тип строительства имеет высокие перспективы. Уже разработаны высоко технологичные способы строительства быстровозводимых зданий с применением соломы в качестве утеплителя.

На рис. 2.3.1 приведен пример бескаркасного строительства. Пакеты пресованной соломы укладывают поверх фундамента из каменной кладки, скрепляют друг с другом с помощью деревянных кольев. Отделка внешней поверхности производится с использованием известковой или глиняной штукатурки со слабой воздухопроницаемостью. При правильном соотношении толщин внутренней и внешней штукатурки предотвращается скопление влаги в соломенных стенах.



Рис. 2.3.1. Бескаркасное строительство экодому из соломы.

Дома с применением каркаса более универсальны. На рис. 2.3.2 показан каркасный дом с соломой в качестве утеплителя и процесс оштукатуривания внешней стены дома.



Рис. 2.3.2. Каркасное строительство экодому из соломы.

Строительные конструкции из прессованной соломы неоднократно доказали свою устойчивость к пожарам и сельскохозяйственным вредителям. Применение такой технологии эффективно в Сибири, но требует, чтобы внутренний слой штукатурки был достаточно толстым для обеспечения тепловой инерции. Для стран с субтропическим климатом это условие не является обязательным.

В последнее десятилетие стала применяться технология сборки дома из панелей с соломенным утеплителем, изготовленных в заводских условиях. В результате дома строятся за короткие сроки с гарантированным качеством. При этом производственные мощности небольшие, мобильные и сопоставимы с возводимым объектом. Пример такого строительства приведен на рис. 2.3.3.



Рис. 2.3.3. Сборка дома из панелей с соломенным утеплителем.

2.4. Строительство из утрамбованной земли

Еще одним материалом, который широко используется для строительства экодому, является утрамбованная земля. Землебитные дома известны с глубокой древности. В субтропическом климате, если иметь в виду строительство экодому, эта технология актуальна и сейчас. На рис. 2.4.1 приведена самая известная постройка из земли в России – сохранившаяся до наших дней в хорошем качестве Приоратский дворец в Гатчине. 40 строителей начали строить дворец 15 июня 1798 года, а завершены работы были уже 12 сентября того же года. Строительство дворца заняло три месяца [11].



Рис. 2.4.1. Приоратский дворец в Гатчине.

Этот вид строительства из экологически чистого материала, которым является грунт, очень популярен в жарких и сухих местах, таких как Австралия, юго-запад США. Кроме прямой трамбовки в стенах часто применяются блоки из прессованной влажной земли, которые используются как обычные строительные кирпичи.

Для трамбовки земли сейчас имеется много видов инструментов и специальных механизмов. Технология подходит и для ручной работы. Она позволяет возводить дома быстрее, саманной технологии, так как нет периода высыхания стен. На рис. 2.4.2 показана подготовка опалубки и фрагмент стены.



Рис. 2.4.2 Строительство стены дома из утрамбованной земли.

2.5. Строительство домов из мешков с утрамбованной землей

Еще один способ простого строительства экодому в теплом климате основан на использовании мешков с утрамбованной землей. Мешки наполняют грунтом с естественной влажностью и уплотняют ручной трамбовкой. Мешки удерживаются на месте двумя рядами колючей проволоки. Для облегчения строительства мешки можно наполнять на высоте и избежать необходимости поднимать их наверх. Строительство экодому из мешков с утрамбованной землей является альтернативой саману в тех регионах, где почвы отличаются низким содержанием глины. Из подобного строительного материала можно возводить купола и прочие округлые сооружения. Их покрывают штукатуркой с

внутренней стороны. Снаружи покрывают штукатуркой или насыпью из земли, чтобы создать подземную конструкцию, которая будет выглядеть, как часть окружающего пейзажа. На рис. 2.5.1 показаны фотографии строительства таких домов в Канаде (левый рисунок) и в средней полосе России (Воронежская область).[12].



Рис. 2.5.1. Строительство экодому из мешков с утрамбованной землей.

2.6. Строительство заглубленных в грунт домов

Этот тип строительства получил распространение в США и ряде стран Европы (Дания, Бельгия, Голландия) и получил название «земляной корабль». В России этот тип строительства называется «землянка» и тоже начинает применяться. Наиболее часто этот способ применяется в сухих регионах. Дома с частичным заглублением для умеренных и субтропических климатических условий обладают рядом преимуществ, таких, например, как стабилизированный температурный режим. Дома подобного типа могут быть построенными полностью под землей, покрытыми насыпью из земли с одной или трех сторон, или встроенными в холм, когда открытой остается только фасадная часть строения, как правило, обращенная на юг. Для освещения задних помещений обычно используются светопроводы. На рис. 2.6.1 и 2.6.2 приведены примеры таких домов и одна фотография с внутренним интерьером.



Рис. 2.6.1. Экодома, заглубленные в грунт в южных широтах.



Рис. 2.6.2 Примеры экодому, заглубленного в грунт в средней полосе.

Этот тип строительства может быть использован для строительства экодомов в некоторых регионах Сибири.

Из всех рассмотренных способов строительства однородных по составу стен только этот способ и строительство домов из соломы позволяют добиться необходимой для экодому тепловой эффективности для условий Сибири. Все остальные строительные материалы могут использоваться для создания тепловых массивных внутренних стен для обеспечения необходимой тепловой инерции.

3. Современный период экологического строительства

Современный период экологического строительства характеризуется тем, что определилось понятие «экодом» и начало входит в область профессиональных интересов архитекторов и инженеров, работающих в области проектирования экодому и разработки вариантов их конструкций, создания новых строительных материалов, инженерного оборудования обеспечивающего энергоэффективность и энергообеспечение, переработку органических отходов.

Рассмотрение экодому как объекта, развивающего экосистему за счет жизнедеятельности человека, еще формируется и не стало общепринятой в профессиональной среде, несмотря на то, что эта концепция была сформулирована 30 лет назад [13].

Люди, которые не профессионально занимаются экологическим домостроением, эту концепцию рассматривают в качестве базовой концепции.

В профессиональном строительстве экодому используются современные материалы и оборудование. Это высокотехнологичное строительство и интеллектуальное инженерное оснащение.

В профессиональной среде основное внимание большинства разработчиков в настоящее время сосредоточено на вопросах энергосбережения и альтернативного энергообеспечения экодому. В этой области достигнуты существенные результаты. Поэтому в этом разделе остановимся на понятиях «энергопассивный» экодом и «энергоактивный» экодом и нескольких примерах, в которых реализованы эти понятия.

3.1. Энергопассивные и энергоактивные экодому

Энергопассивный дом (часто в литературе используется термины «пассивный» или «нулевой» дом) – дом, в котором энергия для поддержания здорового климата в помещении снижена до максимально низкого уровня, что делает его практически энергонезависимым. Термин «энергоактивный» экодом – тот же пассивный по характеристикам дом, только энергии он вырабатывает больше, чем потребляет. Поэтому в последующем анализе они не разделяются. Энергоактивность означает, что в экодому установлено генерирующее оборудование с избыточной выработкой электроэнергии. Теплогенерирующие мощности обычно определяются из теплового баланса только с некоторой избыточностью (исключение составляют экодому с сезонным аккумулялированием тепловой энергии).

В обычных домах потери на обогрев помещения достигают 300 кВт.час/(м²·год). Ниже приведена классификация зданий по энергопотреблению и производству энергии.

Здание низкого энергопотребления (порядка 80-90 кВт • ч на 1 кв. м площади за отопительный сезон, который в Европе, США и Канаде короче и теплее, чем в России).

Здание ультранизкого энергопотребления (примерно 35-40 кВт ч на 1 кв. м площади за отопительный сезон). Близко к зданию класса А++.

Пассивное здание, вообще не требующее отопления (менее 15 кВтч на 1 кв. м площади за отопительный сезон).

Энергонезависимое здание (вообще не потребляет энергии, а электричество вырабатывает на базе собственных возобновляемых источников).

Энергоактивное здание (вырабатывает электричества больше, чем ему нужно, закачивает его в сеть, обеспечивая получение за это денег).

На рисунке 3.1.1 приведены типичные доли потери тепловой энергии через элементы ограждающих конструкций дома.



Рис. 3.1.1. Типичные доли потерь тепловой энергии.

В пассивных домах в целом сохраняются те же пропорции, но существенно уменьшается абсолютная величина этих потерь. При проектировании добиваются того, что потери становятся меньше поступлений от альтернативных источников.

В пассивном доме применяются современные строительные материалы и конструкции, новейшее инженерное оборудование. Сегодня – это самые совершенные дома с точки зрения комфорта внутреннего климата помещений. В этих домах автоматически поддерживаются: заданная температура и влажность воздуха, чистота воздуха – это особо чистый воздух. Комфорт определяется субъективным ощущением чистоты воздуха, его температуры и свежести. Комфортная температура стен и пола может быть подобрана так, что вызывает ощущение пребывания на природе в летнее время. На рис. 3.1.2 приведена общая принципиальная схема энергопассивного экоддома. [14].



Рис/ 3.1.2. Схема энергопассивного экоддома.

Характеристики, которых при проектировании и строительстве добиваются разработчики, можно разбить на три категории.

Первая. Нулевое потребление энергии от внешних источников (например, от внешних тепло- и электросетей). Здание должно производить как минимум столько же энергии, используя возобновляемые источники, сколько оно потребляет на комфортное жизнеобеспечение.

Вторая. Нулевые выбросы. Здание не должно производить никаких выбросов (например, CO₂, летучие органические вещества и т.д.), которые являются вредными для проживающих в нем людей или для окружающей среды.

Третье. Нулевые отходы. Здание должно иметь возможность легкого демонтажа и переработки.

Обычно не выделяется, но в любом проекте подразумевается еще один критерий, заключающийся в том, что дом должен быть красивым и обеспечивать высокий уровень комфорта для людей.

Эти критерии являются общими для проектирования энергоактивных домов практически во всех проектах.

Для примера приведем два реализованных проекта.

На рис. 3.1.3 приведена фотография энергоактивного экодому в Штутгарте (Германия).



Рис. 3.1.3. Энергоактивный экодому в Штутгарте.

Это своего рода научно-исследовательская лаборатория архитектуры будущего. Дом за счет альтернативных источников производит в два раза больше энергии, чем потребляет. Кроме этого альтернативная электроустановка за счет избыточной энергии снабжает 2 электромобили и охраняемые памятники в окрестностях экодому. Этот энергоактивный дом имеет интеллектуальную систему автоматизации здания, поддерживающую комфорт для пользователя и оптимизирует расход энергии.

В современной трактовке, определяющие дома такого типа, часто не выделяется оборудование производящее энергию, а дом подразумевается как единая система существенно экономящая энергию из-за утепления и применения эффективных окон, а также за счет применения рекуперации тепла вентилируемого воздуха и жидких бытовых стоков, в том числе, за счет управления системами при изменении внешних параметров, за которыми следят климатические камеры [15].

Рассмотрим более детально еще один пример строительства пассивных домов в Германии.

Основные показатели пассивного дома были установлены для всех строительных конструкций дома этого типа Институтом пассивного дома в г. Дармштадт.

Согласно показателям пассивные дома должны отвечать следующим требованиям:

- Ограждающие конструкции здания с повышенной теплоизоляцией, коэффициент теплопередачи не более 15 Вт/(м²К).
- Отсутствие мостиков холода.
- Компактная форма строительного сооружения.
- Пассивное использование солнечной энергии благодаря ориентированию здания на юг и отсутствию затенения.
- Улучшенные стеклопакеты со специальными профилями и коэффициентом теплопередачи окна не более 0,8 Вт/(м²К).

- Герметичность здания на уровне $n \leq 0,6$ /ч.
- Контролируемая вентиляция с рекуперацией тепла из отработанного воздуха, уровень возврата тепла $>75\%$.

При проектировании и строительстве эти параметры не могут быть изменены. Соблюдение этих параметров позволяет сертифицировать построенный дом как пассивный дом. При определении с помощью мониторинга, что дом вырабатывает в течение года больше энергии чем потребляет, его можно сертифицировать как энергоактивный. Это означает, что независимая контролирующая организация, имеющая соответствующее разрешение проверяет здание на его соответствие стандартам пассивного и энергоактивного дома.

Для примера представим основные этапы строительства, которые обеспечивают требуемые параметры энергопассивного дома.

Выбор участка.

Идеальным для энергопассивного дома является участок, на котором можно ориентировать будущий дом на южную, незатененную сторону. Участок должен находиться на достаточном расстоянии от леса или строений, чтобы дом беспрепятственно мог получать достаточное количество солнечного тепла и света. Необходимо, чтобы участок был защищен от ветра. Если природные условия этого не обеспечивают, создается ветрозащита. Для строительства пассивного дома не подходит участок на холме или возвышении. Любое отдельно стоящее здание, построенное на вершине холма, за счет ветрового охлаждения теряет больше тепловой энергии. Наиболее подходящим местом для расположения является склон, с небольшим уклоном с южной стороны.

Теплый фундамент.

Теплоизоляция фундамента осуществляется снизу и сверху подходящими для этого материалами — пеностеклом или экструдированным полистиролом с достаточным уровнем прочности на сжатие. Коэффициент теплопередачи всей конструкции фундамента не должен превышать $0,15 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$. Поэтому пассивные дома обычно строятся на фундаментной плите, под которой организовывается теплоизоляция по всей плоскости. На рис. 3.1.4. приведены фотографии устройства фундамента.



Рис. 3.1.4. Устройство фундамента дома.

Непромерзающее основание создается путем выемки грунта до уровня промерзания ($0,8-1,2$ м ниже нулевой отметки участка). На геотекстиль укладывают морозостойкий материал (щебень; если используется щебень из пеностекла, то он служит одновременно и изоляцией).

До заливки фундамента выполняются работы по изготовлению скважины для подачи воды с местом для расположения насоса. Скважина показана на рис. 3.1.5.



Рис. 3.1.5. Скважина для подачи воды.

На щебень укладываются все необходимые трубы и короба для подвода воды, отвод канализационных стоков, электрические кабели и другие коммуникации. На рис. 3.1.6 показана прокладка вентиляционных каналов, канализации и слой утеплителя.



Рис. 3.1.6. Расположение коммуникаций.

Толщина изоляционного слоя колеблется от 10 до 15 см.

После того, как завершены подготовительные работы, происходит армирование фундаментной плиты и устанавливается опалубка по краям фундамента, при помощи которой будет выполнена изоляция цоколя. После этого фундаментная плита бетонируется, и пассивный дом обеспечен теплым основанием.

Теплые стены.

Стены и крыша пассивного дома должны быть выполнены с общим коэффициентом теплопередачи конструкции (внутренняя штукатурка + кладка + изоляция + внешняя штукатурка) $0,10 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$. Стены пассивного дома могут быть выполнены из различных строительных систем для капитального строительства, и даже из деревянных конструкций. Важно добиться максимального уровня герметичности применением соответствующих этим качествам системам для капитального строительства. На рис. 3.1.7 показана герметизация стыков клейкой лентой, чтобы избежать инфильтрации и связанных с ней дополнительных теплопотерь.



Рис. 3.1.7. Герметизация стыков клейкой лентой.

Для строительства стен можно применять:

- современные керамические поризованные блоки;
- газобетонные блоки, которые можно клеить;
- монолитный фибропенобетон;
- современные термоблоки с толщиной полистирола на внешней стене более 20 см.

При устройстве стен особое внимание необходимо уделить плотной укладке стеновых блоков и отсутствию щелей в швах. Что касается перекрытий, то тут на их внешних границах следует укладывать изоляцию для того, чтобы предотвратить возникновение мостиков холода. На рис. 3.1.8. в качестве примера приведены фотографии корпуса дома выполненного из монолитного фибропенобетона и способ его заливки в несъемную опалубку.



Рис. 3.1.8. Строительство стен из монолитного фибробетона.

Преимущество монолитного строительства из фибропенобетона состоит в том, что с помощью этого материала можно строить энергоактивные экоддома в условиях Сибири. Еще одно преимущество заключается в том, что есть минизаводы по производству фибропенобетона и материал производится на месте строительства.

Герметичная крыша.

Крыша тоже должна быть герметична и идеально утеплена. Здесь действуют те же требования, что и при устройстве стен пассивного дома. Использование монолитного пористого материала обеспечивает герметичность и необходимую теплоизоляцию. На рис. 3.1.9 показана заливка плиты фибропенобетоном на профильной крыше и плоская плита под холодным чердаком.



Рис. 3.1.9. Заливка плиты фибропенобетоном на профильной крыше и плоской плиты под холодным чердаком.

Фибропенобетон является предпочтительным строительным материалом для строи-

тельства энергопассивных экодому в условиях Сибири благодаря тому, что его объемную массу можно варьировать от 200 до 900 кг/м³, что позволяет один тип материала использовать на всех элементах корпуса экодому. Кроме того, однородные стены значительно устойчивее при больших изменениях температур, характерных для Сибири, чем композитные стены.

Для производства фибропенобетона разработано эффективное оборудование для производства материала на строительной площадке.

Энергосберегающие окна.

В обычных жилых зданиях окна служат только для освещения и проветривания. В пассивном доме окна выполняют функцию накопителей солнечного тепла – зимой они сохраняют солнечную энергию, которая обогревает находящиеся за окном помещения. Окна обеспечивают днем приток тепла, а ночью большие теплопотери. Поэтому разрабатываются окна с селективными покрытиями не выпускающие тепловое излучение наружу и утепленными рамами. Кроме этого для сохранения тепла в помещениях устраиваются термомассы (массивные стены, пол и другие элементы интерьера), обеспечивающие накопление тепла. На рис. 3.1.10 показаны примеры размещения окон, утепленные оконные рамы и пример термомассы в интерьере использованные в энергопассивном доме.

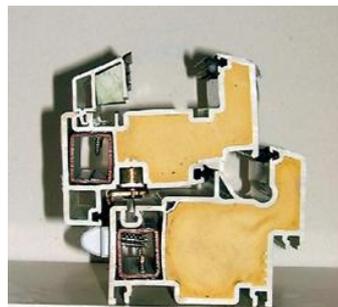


Рис. 3.1.10. Примеры утепленных оконных рам и термомассы в интерьере дома.

В энергопассивном доме место монтажа оконных конструкций перемещено в слой внешней изоляции стены. Благодаря этому значительно сокращается количество мостиков холода в местах примыкания окна к стене.

Все эти приемы и технические решения эффективны в Европейском климате, где средний перепад температуры в зимний период между помещением и внешней средой в пределах 10 °С. В Сибири этот перепад достигает 50 – 60 °С и эти решения не годятся. Требуется применение более радикальных решений. Одно из таких решений – утепленные ставни.

Альтернативные инженерные системы.

Приведенные в предыдущих разделах решения в энергопассивном доме касались сбережения тепла. В рассматриваемом доме сделан акцент на максимальное снижение тепла в условиях Европейского климата. Еще одним важным механизмом сбережения энергии при эксплуатации энергопассивного дома является система вентиляции с рекуперацией. Есть много вентиляционных рекуператоров различного типа. Большинство из них настроены на температурный режим, характерный для климата США и Европы.

Потери в энергопассивных зданиях на нагрев вентиляционного воздуха составляют до 50% общего расхода энергии на отопление. Вентиляционная установка для пассивных домов выводит отработанный воздух из загрязненных помещений и одновременно при помощи дополнительного вентилятора и сети вентиляционных каналов по всему дому обеспечивает поступление свежего воздуха в жилые помещения, пропуская его через рекуператор. Так постоянно обеспечивается поступление свежего чистого воздуха и сокращаются потери энергии на его кондиционирование. На рис. 3.1.11 представлена вентиляционная система с рекуперацией, использованная в этом доме.



Рис. 3.1.11. Вентиляционная система с рекуперацией.



Рис. 3.1.12. Регенератор с периодическим изменением направления воздушного потока

Представленные решения обеспечивают для данного пассивного дома затраты тепла на отопление в размере 15кВт.ч/год на 1 м².

В климатических условиях Сибири требования к рекуператорам повышаются, нужны рекуператоры, которые не обмерзают в зимнее время. Перспективными являются регенератор реверсивного типа, когда через систему каналов, воздух выводится из помещения на улицу и нагревает теплообменную матрицу регенератора, охлаждая выходящий воздух. Затем направление воздушного потока меняется и свежий воздух с улицы нагревается, проходя через матрицу регенератора. Схема такого рекуператора приведена на рис. 3.1.12.

Тестирование энергопассивного дома.

Каждый пассивный дом после завершения строительства, построенный по этой технологии проходит аттестацию. Это дает гарантию, что дом обладает достаточной герметичностью и отвечает установленным для этого типа зданий параметрам. Герметичность является важным фактором для обеспечения стандарта пассивного дома.

Тест на герметичность проводится методом нагнетания воздуха через двери. При проведении измерений в раме открытого окна устанавливается электрический нагнетатель воздуха с гибкой рамой. Нагнетатель создает в помещении пониженное или повышенное давление. Значение разницы давления приблизительно от 10 до 60 Па ре-

гулируется посредством числа оборотов вентилятора. Далее определяется объем воздуха, который проникает через возможные щели в обшивке здания. Результаты измерений отображаются как относительный воздухообмен при разности давлений от 50 Па. Места проверки представлены на рис. 3.1.13.



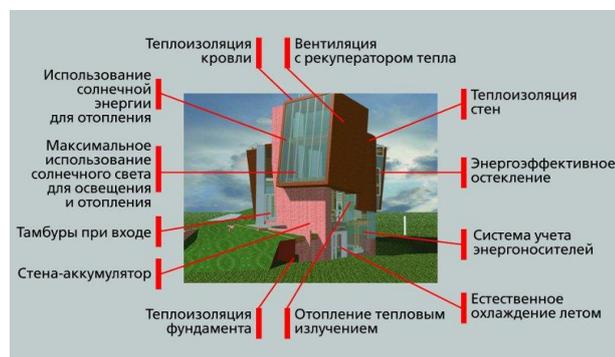
Рис. 3.1.13. Тест на герметичность

Если обнаружилось повышенное воздухопроницание, то здание не будет отвечать минимально-необходимым для пассивного дома требованиям герметичности. На рис. 3.1.14 представлен энергопассивный дом в готовом состоянии.



Рис. 3.1.14. Энергопассивный дом.

На рис. 3.1.15 представлена схема с полным комплексом мер, которые надо выполнить для того, чтобы построить энергопассивный дом.



4. Инженерные системы экодому

Инженерные системы экоддома — это тепло, чистая вода, свежий воздух, освещение — все, что создает комфорт для людей. Инженерные системы экоддома — это удобрение, чистые для окружающей экосистемы стоки от жизнедеятельности людей, снижение объемов использования невозобновимого топлива, уменьшение вредных выбросов.

Точнее эту систему называть системой жизнеобеспечения экоддома.

Главные критерии и функции, которым должны удовлетворять система жизнеобеспечения экоддома:

- экологичность, использование природных процессов;
- автономность;
- энергоэффективность;
- использование альтернативных и возобновимых источников энергии;
- обеспечение замкнутого оборота органического вещества;
- производство продуктов питания;
- экономичность;

Функция производства продуктов питания может быть исключена для условий городской среды.

Систему жизнеобеспечения можно разделить на две основные системы. Первая обеспечивает теплом и электричеством и является гибридной системой. Вторая обеспечивает переработку и утилизацию жидких и твердых органических отходов и производство растительных продуктов питания.

В свою очередь система энергообеспечения делится на две подсистемы — солнечная система теплоснабжения и система, в которой используется возобновимое топливо [16].

Все экоддома проектируются с учетом солнечной архитектуры. Солнечная архитектура, это набор принципов проектирования зданий, которые используют выгоду от использования тепличного эффекта, а также разницу углов падения солнечных лучей в летнее и зимнее время.

Основные принципы солнечной архитектуры представлены на рис. 4.1:

1. Участок под застройку полностью открыт в секторе с юго-востока до юго-запада (светлый сектор на рисунках), не имеет препятствий для поступления солнечных лучей круглый год. Это особенно актуально в конце декабря, когда угол зимнего солнца над горизонтом наименьший в году. Расположенный с южной стороны дома пруд повышает эффективность солнечной системы отопления. Его поверхность, независимо от того замерзла она или нет, отражает солнечные лучи и направляет их прямо на южный фасад. С северной стороны дома расположены вечнозеленые деревья, а с востока и запада - лиственные.



Рис. 4.1. Основные принципы солнечной архитектуры.

2. План дома вытянут по оси восток-запад. Делается это для максимальной полезной площади южного фасада, который и поглощает солнечную энергию через остекление и солнечные коллекторы. Северный фасад насколько возможно делается глухим и имеет хорошую теплоизоляцию. Это снижает теплопотери через окна и защищает дом от холодных северных ветров зимой. В идеале с севера дом может быть заглублен в грунт полностью или частично.

3. Максимальный коэффициент отношения объема дома к площади его наружных поверхностей. Этот прием позволяет снизить теплопотери через ограждающие конструкции. Неотапливаемые пристройки с севера, террасы, балконы, теплицы с юга создают дополнительные буферные помещения или работают как козырьки для затенения от летнего солнца.

4. Максимальная открытость южного фасада для эффективного поглощения солнечной энергии.

5. Минимальное количество и площадь окон на северном фасаде.

6. Разделение дома на функциональные зоны. Жилые помещения (гостиная, столовая, спальни) располагаются на солнечной стороне с юго-востока, юга, юго-запада. Нежилые помещения (кухня, прихожая, санузлы, гардеробная, кладовая, лестница) располагаются с северной стороны и образуют стыковочный пояс, тепловой буфер между жилыми помещениями и северной стеной дома. На рис. 4.2 представлена принципиальная схема зонирования экодому.

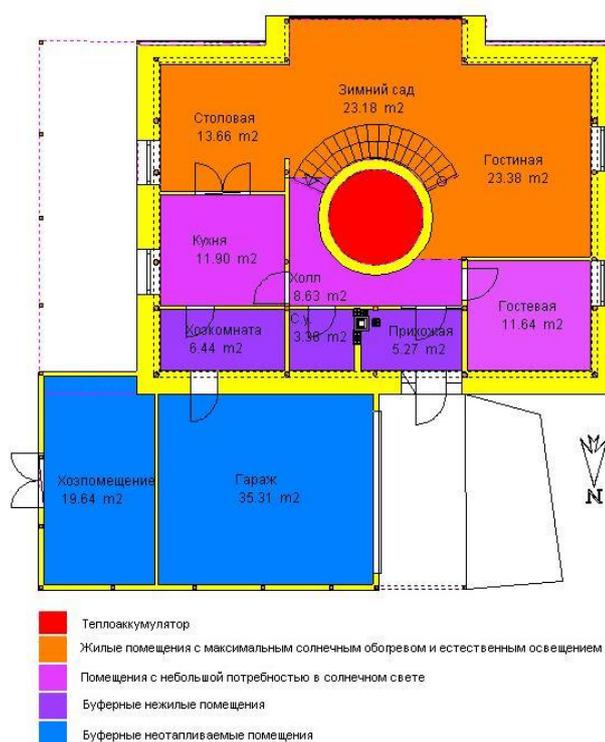


Рис. 4.2. Принципиальная схема зонирования экодому.

Пассивная система солнечного обогрева всегда дает положительный эффект Система теплообеспечения экодому – гибридная, состоящая из нескольких компонентов, обеспечивающая основное отопление экодому. Без традиционных источников тепла, в Сибири в настоящее время не обойтись, но, при высокой теплоэффективности экодому, альтернативные источники могут покрывать более 50% необходимого тепла.

Оба источника – это источники периодического действия, поэтому обязательным элементом экодому является система аккумулирования тепла. Экодом является герметичной системой, поэтому должен быть оснащен принудительной вентиляцией с

рекуперацией тепла. Современные не обмерзающие рекуператоры могут возвращать в дом до 90% тепла и влаги. На рис. 4.3 система теплоснабжения от солнечных коллекторов.

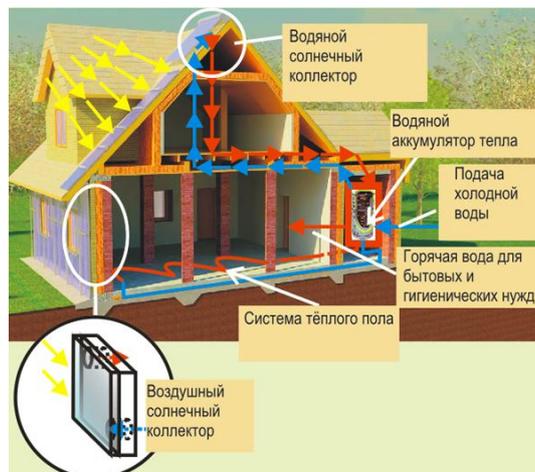


Рис. 4.3. Система теплоснабжения от солнечных коллекторов.

Экодом, спроектированный по принципам солнечной архитектуры выглядит практически как обычный дом со всеми атрибутами современного, хорошо спланированного дома, требующего минимум обслуживания. Главными активными инженерными элементами солнечной архитектуры экодома являются расположенные на крыше солнечные коллекторы для нагрева воздуха и воды, солнечные батареи и пристроенная с юга теплица.

В отличие от европейских условий в Сибири в холодный период года солнечная система осенью (до октября) и весной (начиная с февраля) снижает нагрузку на обогревающую систему. В целом, при правильном проектировании и строительстве без отклонения от проекта можно получить сокращение времени работы традиционных отопительных систем на два месяца. В тёплый период года энергия солнца покрывает потребности в горячей воде, избавляя жильцов от необходимости специально ее подогревать.

Электроснабжение экодомов с применением солнечных электроустановок уже является массовым процессом, поэтому на рис. 4.4 представлено несколько типичных установок на индивидуальных домах, которые не являются экодомами и отдельно большие электрогенерирующие системы. В экодомах с энергоэффективной бытовой техникой солнечное электрообеспечение является обязательным элементом.





Рис. 4.4. Установка солнечных батарей.

Кроме солнечной электрогенерации, широко используется ветрогенерация. Как правило, это крупные ветроустановки и электростанции с большим количеством таких ветроустановок. Эти типы электрогенерирующих станций редко используются для экодомов и в экопоселках. Тенденция в развитии ветроустановок для малых потребителей направлена на широкое использование роторных систем. Отметим еще один тип энергосберегающего оборудования, применяемого в экодомах – тепловые насосы. В определенных условиях, когда есть центральные электросети и подходящие условия (наличие грунтовых вод, водоем) тепловые насосы экономически выгодны. Еще один вариант эффективного их применения, когда можно сделать сезонный аккумулятор тепла, который в грунте накапливает излишки летней солнечной энергии, а зимой эта энергия при помощи теплового насоса используется для обогрева дома.

Вторая базовая система экодомов – система переработки и утилизацию жидких и твердых органических отходов и производство растительных продуктов питания. Типичная система переработки стоков использует аэробную и анаэробную биологическую обработку стоков. Эти системы хорошо себя зарекомендовали в европейском климате. В условиях Сибири для устойчивой работы эти системы необходимо размещать в обогреваемом контуре.

На рис. 4.5. показана принципиальная схема организации отведения и переработки бытовых стоков.

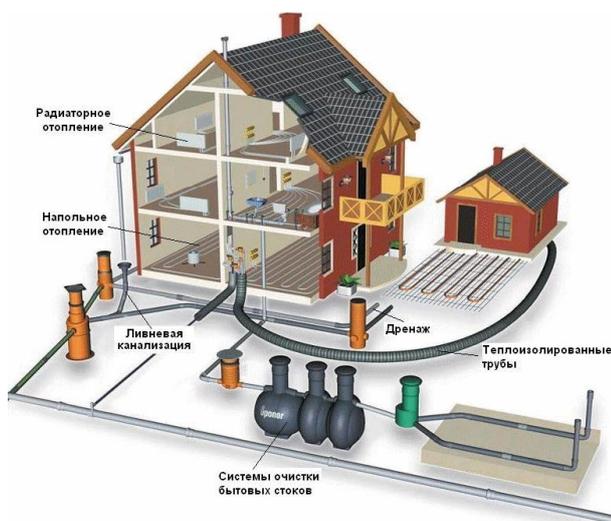


Рис. 4.5. Принципиальная схема организации отведения и переработки бытовых стоков.

Еще одним важным элементом экоддома, обеспечивающим круглогодичный цикл оборота органического вещества является круглогодичный солнечный вегетарий. На рис. 4.6. показана модель типичного круглогодичного вегетария – теплицы нового поколения.



Рис. 4.6. Примеры круглогодичных вегетариев.

Главной задачей вегетария экоддома является доочистка стоков после септика и переработка всех видов бытовых отходов в биогрунт методом вермикультуры.

Эти круглогодичные теплицы могут быть пристроены к экодому или в виде отдельно стоящего объекта. Это зависит от пожеланий строящих экоддом людей и как они представляют образ жизни в экоддоме. Для климата Сибири эти теплицы должны обладать достаточной энергоэффективностью.

5. Современные экоддома

5.1. Энергоактивные дома и самообеспечивающийся экопоселок

Приведем еще несколько примеров экоддомов и пример экопоселка. Экоддома, показанные на рис. 5.1.1, отличаются архитектурой, материалами, но близки по эксплуатационным характеристикам.





Рис. 5.1.1. Примеры экодому.

На рис. 5.1.2 показан строящийся недалеко от Амстердама полностью автономный поселок на 25 семей из домов, показанных на рисунке 4.7. Коттеджный городок сам производит нужные для жизни электроэнергию, пищу и перерабатывает все отходы [17].



Рис. 5.1.2. Строящийся поселок около Амстердама.

5.2. Модные экодому

Экологические дома стали весьма модными в индустрии строительства жилых помещений. К их проектированию приступили архитекторы-дизайнеры. Они разрабатывают и строят необычные по стилю экодому. Дома строятся из экологически чистых материалов, и прекрасно сливаются с окружающей природой. Проекты включают озеленение прилегающей территории. Как правило, такие дома коммерческие и часто очень дорогие. Их делают полностью автономными, чтобы они сами себя обеспечивали всем необходимым: теплом, водой и светом [18].

Пляжный экодому в Коста-Рике представлен на рис. 5.1.2. Он расположился на холме вблизи океана, до города 20 км.



Рис. 5.2.2. Экодому в Коста-Рике.

Компактный экодом в Южной Африке показан на рисунке 5.1.2. Современное здание расположилось среди гор. Это сборный дом, состоящий из 3 блоков: зона для сна, зона для развлечений и зона для работы.



Рис. 5.2.3. Компактный экодом в Южной Африке.

Оригинальный дом в Италии (рис. 5.2.4.) находится на высоте 1200 м. Площадь здания 47 м². Несмотря на свой небольшой размер, в доме есть все, что необходимо современному человеку. Обеспечение энергией полностью автономно.



Рис. 5.2.4. Оригинальный дом в Италии.

Экодом над обрывом в Португалии (рис. 5.2.5.). Это необычное жилище расположено в национальном парке над обрывом и рекой. Конструкция дома очень простая, но функциональная.



Рис. 5.2.5. Экодом над обрывом в Португалии.

6. Центры альтернативной энергетики

Несколько примеров центров альтернативных технологий. Центры создавались инициативно и их основные задачи – сбор инновационных экологически ориентированных технологий и подготовка новых специалистов. Технологии, которые концентрируются в этих центрах, повышают экологичность и энергоактивность поселений, формируют их положительный экологический след.

6.1. Центр альтернативных технологий, не государственная организация, («Centre for Alternative Technology», Уэльс, Великобритания) [19].

Центр (рис. 6.1.) представляет современный выставочно-образовательный экологический комплекс. Главные направления Центра - обучение новым экотехнологиям, подготовка и переподготовка специалистов, отработка навыков.



Рис. 6.1. Центр альтернативных технологий, Уэльс, Великобритания.

Центр расположен в небольшой долине в центральном Уэльсе.

Основные тематические направления работы Центра:

- технологии сокращения потребления энергии;
- альтернативная энергетика;
- безотходные технологии переработки органических отходов;
- приемы экологического строительства;
- образовательные курсы;
- наглядная демонстрация технологий на действующих макетах в небольшом музее технологий.

Специалисты Центра внесли большой вклад в разработку программы энергосбережения Великобритании.

6.2. Финдхорн, не государственная организация, («Findhorn», Шотландия) [20].

Финдхорн расположен на севере Шотландии и представляет собой современный образовательный экологический центр. Сформировано много курсов обучения новым экологическим технологиям, народному творчеству и социальным вопросам, связанным с созданием экопоселений. Центр имеет собственную ветрогенерирующую станцию. Излишки энергии продает в соседний поселок.

На рис. 6.2. представлен типичный дом, обучающий центр и теплица с биологической очисткой стоков.



Рис. 6.2. Финдхорн, Шотландия.

Основные тематические направления работы Центра:

- образовательные курсы по различным направлениям экологизации жизнедеятельности;
- образовательные курсы по социальным аспектам создания экопоселений;
- альтернативная энергетика;
- технологии переработки органических отходов и бытовых стоков.

6.2.1. «Фолькцентр», не государственная организация, («Folkecenter», Дания)[21]

Один из первых центров альтернативных технологий в Европе (рис. 6.3.). Тесно сотрудничает с правительством Дании. Один из разработчиков энергетической программы Дании.



Рис. 6.3. Фолькцентр, Дания.

Основные тематические направления работы Центра:

- разработка и внедрение систем возобновляемых источников энергии;
- консультации различных государственных структур;

- распространение информации;
- демонстрация практических примеров и технологий.

6.3. Центр альтернативных технологий в Скалистых горах (рисунок 6.4.), не государственная организация, («Rocky Mountain Institute», США) [22].



Рис. 6.4. Центр альтернативных технологий в Скалистых горах, США.

Основные тематические направления работы Центра:

- разработка энергопассивных зданий
- альтернативная энергетика
- строительные технологии
- чистый транспорт
- исследование альтернативных технологий жизнеустройства

Центр вырабатывает энергии больше, чем потребляет и поэтому продает ее соседям. В круглогодичном зимнем саду выращиваются тропические растения и фрукты. Центр расположен в Скалистых горах, штат Колорадо.

7. Рекомендации по организации экологического строительства в России.

Отмеченные во введении тенденции, заключающиеся в устойчивом росте индивидуального строительства и производстве продуктов питания можно использовать для внедрения в практику массового строительства экодому в России.

Есть несколько причин, которые препятствуют строительству экодому:

1. Отсутствие информированности населения о возможности строительства экодому.
2. Отсутствие специалистов, которые могут выполнить проект, построить экодому, оказать консультацию.

Решение этих вопросов можно осуществить созданием учебных экоусадб 6-го технологического уклада в профильных вузах России.

Существо проекта заключается в создании эксплуатируемых экоусадб на территории ВУЗов. Эти экоусадбы предназначены выполнять роль центров обучения инновационным технологиям и проведения исследований. Центры предназначены для подготовки специалистов нового поколения для внедрения технологий 6-го технологического уклада в области жилищного строительства, начиная с индивидуального. Кроме подготовки кадров в рамках университетских программ в центрах на действующих объектах можно осуществлять переподготовку кадров.

Важно создать эти экоусадбы на территории ВУЗов, чтобы включить занятия на этих объектах в текущий учебный процесс.

Второе назначение центров в инициировании и поддержке саморазвивающегося системного перехода действующего рынка малоэтажного строительства на эти технологии.

Важным аспектом является совместное участие государства и частного бизнеса в рамках закона о государственно-частном партнерстве и муниципально-частном партнерстве. Предлагаемый проект позволит готовить специалистов для рынка малоэтажного строительства, а участие частного бизнеса даст прямое внедрение технологий в практику строительства индивидуального жилья. Эта инициатива направлена на перевод части экономики России на уровень 6-го технологического уклада.

Цель - к 2021 году запустить саморазвивающийся переход на массовое инновационное строительство малоэтажного жилья по технологиям 6-го технологического уклада, используя университетское образование и тенденции в активно развивающемся секторе малоэтажного строительства.

Предлагаемый проект является системным, ориентированным на комплексное представление технологий 6-го технологического уклада в образовательном процессе на примере действующих натуральных объектов. Решения задач, сформулированных в проекте, требуют совместной работы власти, государственных образовательных учреждений, частного бизнеса и общественности.

Для запуска проекта и его выполнения необходимо провести ряд мероприятий, которые будут иметь долгосрочный, среднесрочный и краткосрочный характер.

Содержание мероприятий будут связаны со следующими основными темами:

Разработка концепции и плана реализации инициативы в целом и каждого проекта в университете в отдельности.

Подбор и обучение партнеров инновационным технологиям проектирования, строительства и инженерного оснащения в России для запуска проекта.

Строительство и оснащение центров в университетах.

Запуск центров и подготовка кадров.

Создание экоусадеб в крупных населенных пунктах России.

Проведение систематических научно-практических конференций, круглых столов, общественных слушаний и мероприятий с населением для информирования о целях и задачах инициативы для повышения эффективности проекта.

Использовать создание экоусадеб при университетах в качестве натуральных учебных пособий как примеры для отработки механизма внедрения в практику «зеленых» технологий.

Заключение

Проведенный анализ позволяет сделать следующий вывод. Мировая практика показывает, что экологическое домостроение стало устойчивой мировой тенденцией. Используя мировой опыт и внутренние ресурсы в РФ можно запустить программу массового строительства экодомов в России.

Литература

1. Наше общее будущее. Доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию. – М.: изд-во "Прогресс", 1989. –448 с.
2. Малюга А.А., Огородников И.А. Экологическое домостроение. Огород экодома. (Сер. Экология. Вып.69). –Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, ИТ, Ин-т земледелия и химизации сельского хозяйства СО РАСХН. 2001. – 152 с.
3. Огородников И. А., Макарова О. Н., Дубынина Е. С. Экодом в Сибири. – Новосибирск: ИСАР-Сибирь, 2001. –86 с.

4. Огородников И.А., Григорьев В.А. Экологическое домостроение. Проблемы экологизации городов в Мире, России, Сибири.(Сер. Экология. Вып.63).– Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2001. –152 с.
5. Сибирский дом 21 века [сетевой ресурс] - <http://www.itp.nsc.ru/ecodom/>.
6. Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий// Материалы II Всероссийской научной конференции с международным участием, Новосибирск: ИТ СО РАН, 2015.–501с.
7. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D1%82_%D0%A1%D0%A8%D0%90.
8. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D1%82_%D0%9A%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D1%8B.
9. <http://fb.ru/article/192751/klimat-sibiri-osobennosti-klimata-sibiri>
10. <http://www.aif.ru/dacha/construction/1144365>
11. <http://earthbag.ru/>
12. Огородников И.А. Если строить, то экодом. ЭКО № 6. –Новосибирск, 1992. –35с.).
13. <http://www.tehnoluch.com/library/energyhouse/>
14. http://rodovid.me/green_city/arhitekutra-treh-nuley-ot-verena-zobeka.html,
15. <http://www.accbud.ua/house/energoberezhenie/ekodom/passive-house--7-glavnykh-pravil-po-nemetskoj-tehnologii>
16. http://sol-dom.com.ua/text/solar_architecture
17. <http://mamonino.livejournal.com/769365.html>, <http://svetdv.ru/index.shtml>
18. <http://bestlavka.ru/ekologicheskie-sovremennye-doma-ekodoma-mira/>
19. <http://www.cat.org.uk/>
20. <http://www.findhorn.org/>
21. <http://www.folkecenter2.dk/en/>
22. <http://www.rmi.org>

КОНЦЕПЦИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА «УМНЫЙ», ЭНЕРГОЭКОНОМИЧНЫЙ, ЭКОЛОГИЧНЫЙ, БЫСТРОВЗВОДИМЫЙ ДОСТУПНЫЙ ДОМ» ИЗ ЛЕГИРОВАННОГО ЯЧЕИСТОГО ФИБРОБЕТОНА ДЛЯ МАССОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Петерсон Ю.Н.

ООО «Силикон Сибирь», г. Новосибирск

По обеспеченности жильем Россия занимает пятое место в мире. При этом основной фонд, которым обладает страна – панельные дома образца 60-х годов прошлого века подошли к предельному сроку эксплуатации. Поэтому нужны новые подходы. Сформировавшиеся тенденции показывают, что люди отдают предпочтение индивидуальному строительству. В работе предлагается один из подходов решения этой задачи.

Обоснование

Обеспеченность жильем в России составляет 18-20 м кв./ чел, что в 3-4 раза меньше, чем в развитых странах, а темпы строительства нового жилья в 4-6 раз ниже. Таким образом, необходимо резкое увеличение строительства жилья. Но уровень доходов основной массы населения в развитых странах выше в 10-20 раз, а климат в этих странах значительно мягче. Это означает, что приобретение «передовых» западных материалов и технологий, не позволяет нам догнать и перегнать их в строительстве. Тем более, эти приобретения очень дороги и окончательно добьют нашу «строительную» безопасность, строительную науку и заводы по производству оборудования для стройиндустрии и строительства.

Для кардинального увеличения объемов и качества жилищного строительства мы, не отвергая передового зарубежного опыта, все же должны «идти своим путем». Учитывая наши финансовые и климатические условия, сырьевые и интеллектуальные ресурсы, обычаи и менталитет нашего населения, мы должны строить дешевое, теплое и капитальное жилье из материалов, производимых на месте.

Параметры проекта

Проект является открытой системой, т.е. позволяет расширять, сокращать и изменять её отдельные составляющие, выполнять их не сразу, а поэтапно исходя из имеющихся на настоящий момент технических и финансовых возможностей.

Проект относится преимущественно к строительству индивидуального малоэтажного жилья площадью от 80 до 500 кв. м. Предусматриваются следующие его параметры:

1. Стоимость 1 кв.м от 14 до 40 тыс. рублей.
2. Долговечность 100 – 200 лет.
3. Расход энергоресурсов в 3 – 10 раз ниже чем в существующих домах.
4. Внутренняя планировка свободная или полусвободная с использованием принципа «растущего дома».
5. Экологичность и санитарно-гигиенические свойства высокие:
 - использование только природных, безвредных для здоровья материалов,
 - стены имеют оптимальную газо и паропроницаемость, они «дышат», радонопрозрачны, не экранируют электромагнитные поля,
 - имеют оптимальную тепловую инерцию и высокие теплоаккумулирующие

свойства.

6. Технология производства элементов дома должна быть простой «дуракоустойчивой» и допускать их изготовление некоммерческими способами (кооперативы, самострой, МЖК).

7. Все основные элементы должны базироваться на отечественных материалах, комплектующих и, преимущественно, на российских разработках.

8. Затраты на содержание дома (отопление, ремонт, реновацию, обслуживание и т.п.) должны быть минимальными на весь период эксплуатации.

9. Обеспечение максимальной безопасности, комфорта и удобства при минимальных первоначальных и текущих затратах.

10. Возможность постепенного введения автономных и альтернативных элементов жизнеобеспечения.

Составляющие проекта

Для достижения названных параметров используются следующие составляющие.

Первое.

Использование отечественных энергосберегающих и недорогих материалов, технологий, проектов. В данном проекте в качестве основного материала предусмотрено использование высокоэффективного, универсального, доступного материала – легированного ячеистого фибробетона фирмы, т.к. он имеет низкую стоимость, высокие теплозащитные свойства, долговечен, пожаробезопасен, экологичен. Его свойства могут регулироваться в широких пределах, что позволяет применять его практически во всех элементах дома. Важным является возможность организации его производства в короткие сроки (1-4 месяца) и с минимальными капиталовложениями (в 10-30 раз меньше, чем при выпуске кирпича). Энергоемкость производства в 10-50 раз ниже энергоемкости традиционных материалов. С большой экономией он может быть использован в фундаменте, стенах, перегородках, перекрытиях и полах, специальных декоративных изделиях, как в виде изделий высокой готовности, так и в виде монолита. Например, наружное стеновое ограждение из блоков «Силикон-Якутия» при толщине стены 400-450 мм имеет сопротивление теплопередаче 6-8 м кв. гр./вт.

Комплексное использование легированных ячеистых бетонов при строительстве малоэтажных домов существенно снижает их себестоимость и позволяет высвободившиеся средства направить на компьютеризацию дома, что дает возможность осуществить следующий элемент.

Второе.

Управляемые персональным компьютером активные светоаккумулирующие термоставни, изготовленные из сэндвич материалов (экструдированный пенополистерол или пенополиуретан в обкладке из полированного алюминиевого листа). Термоставни могут иметь сопротивление теплопередаче 2,5-4 м кв. гр./Вт., что в 5-8 раз уменьшает теплопотери через оконные проемы, позволяет максимально использовать энергию солнца, повысит безопасность доме и комфортность проживания. Заложённая в компьютер переналаживаемая, в случае необходимости, программа обеспечивает высокое энергосбережение и комфорт как в летнее, так и в зимнее время.

Одновременно с этим компьютер осуществляет функции наблюдения, охраны и оповещения (в т.ч. дистанционного), регулирование температуры и климата в помещении по заданным параметрам, контроль за инженерными системами и внештатными ситуациями и др. Очень важно, что эти элементы могут подключаться постепенно, по мере появления возможности. При рассмотрении конкретных проектов

могут применяться дополнительные элементы энергосбережения: теплообменники-рекуператоры, оптимальная ориентация дома на страны света, компактная форма дома (близкая к кубу), наличие буферных пристроек (гаражи, теплица, кладовые и др.), герметичные окна, двери, экономичное освещение, а также дополнительные источники энергии (печь-камин, утилизационная, солнечные водонагреватели и солнечные батареи, ветроэлектростанции). В этом случае (с учетом бытовых тепловыделений) теплопотребление и отопительный период снижаются в несколько раз и с учетом высокой теплоустойчивости ограждений становится экономически выгодным обогрев дома электричеством, особенно с использованием лучистых обогревателей и автоматическим переключением на дежурный режим помещений с непостоянным использованием (например, гостевые).

Кто приглашается к сотрудничеству

К сотрудничеству приглашается самый широкий круг соучастников и заказчиков. Нам хотелось бы объединить знания и опыт, критическую осторожность и взвешенность людей старшего поколения с творческим задором, смелостью современной молодёжи.

Мы готовы работать с общественными, научными, проектными, производственными, коммерческими и строительными организациями, а также с частными лицами – изобретателями, новаторами и просто заказчиками, которые хотели бы иметь такое жильё. Формы сотрудничества самые различные от консультаций и обмена мнениями, совместной работой над конкретными ветвями проекта, до проектирования и строительства «под ключ» дома под конкретного заказчика с его наладкой и настройкой.

Источники финансирования

1. Частные заказы на строительство «умных» домов в той или иной конфигурации.
2. Пожертвования и субсидии частных лиц, организаций и фондов.
3. Федеральная и областная поддержка (венчурный фонд, программа «Старт».
4. Фонд поддержки малого бизнеса, фонд энергосбережения, экологический фонд и др.).
5. Интеллектуальные, информационные, материальные и финансовые вложения организаций, фирм и частных лиц, заинтересованных в успешном продвижении проекта. При этом не имеют значения мотивы поддержки- или это чисто коммерческий интерес – стремление успеть к новому рынку- или патриотические, альтруистические, экологические.

Оценка результата

- Главным результатом будет создание нового перспективного направления в строительстве с полным комплексом сопутствующей деятельности:
 - научно-исследовательские и проектные работы;
 - изготовление и поставка высокоэкономичных материалов и заводов для их массового производства;
 - изготовление и поставка комплектующих для «умного» дома, включая персональные компьютеры и исполнительные механизмы;
 - разработка программных продуктов для умного дома;
 - массовое скоростное строительство, оснащение и наладка «умных» энергоэкономичных, экологичных и недорогих домов;

- содержание, обслуживание и развитие системы «умный» дом;
- экологизация «умного» дома с созданием автономных безотходных систем жизнеобеспечения.

В некоторой степени переход от домов, которые строятся в настоящее время, на систему «умный» дом аналогичен переходу от жилья «все удобства во дворе» к современным домам.

Проектом предусмотрено снижение энергозатрат как при строительстве, так и при эксплуатации в 3-10 раз с соответствующим уменьшением энергоносителей и нагрузки на природу.

Основные решения, материалы и оборудование, не вызывают сомнений, имеются в наличии, необходима только их грамотная интеграция в единый проект. В результате будет создан очень востребованный рыночный продукт – недорогое, энергоэффективное и комфортное жилье 21 века. Оно будет соответствовать закону об энергосбережении, требованиям об экологичности, техническим, социальным и экономическим возможностям нашего населения, которое крайне нуждается в улучшении жилищных условий. Это вопрос политической устойчивости нашей страны.

Новосибирск должен стать инициатором и лидером в этом прорывном инновационном направлении, т.к. имеет апробированные разработки, большой научный, производственный и административный ресурс. Недопустимо и убыточно потерять такую возможность. Недорогой «умный» энергоэкономичный, экологичный дом нужен всем от олигарха до простого гражданина и не только в России, но и во всём мире. Представляется, что на такой дом – дом 21 века люди готовы потратить свои деньги. Это огромная рыночная ниша, которая пока пустует – времени терять нельзя.

Будет создан качественно новый уровень комфорта проживания, новые стандарты жилища.

Выход Новосибирска и России на новые стандарты и уровни строительства и реализация новых технических решений в других регионах и других странах позволяет надеяться на значительные финансовые поступления. То есть мы будем продавать не сырье, а высокоинтеллектуальный продукт, потребность в котором огромна, а актуальность несомненна.

СИБИРСКИЙ СВЕРХТЕПЛОЭКОНОМИЧНЫЙ, УМНЫЙ ДОМ ЭКОНОМ-КЛАССА

Петерсон Ю. Н.

ООО «Силикон Сибирь», г. Новосибирск

Действующий с начала этого года закон об энергосбережении (№261-ФЗ), необходимо правильно оценить и наполнить конкретными техническими решениями и адекватными административными и рыночно – финансовыми мерами поддержки. Иначе он работать не будет, т.к. затраты и прибыль, как правило, разнесены и во времени, и по участникам.

Если говорить о строительстве, то дополнительные расходы на реализацию мер по энергосбережению несут строители и несут немедленно, а результат – уменьшение затрат на оплату за энергоресурсы – имеют жильцы и не сразу, а понемногу, но длительное время. Поскольку Россия занимает «почетное» пятое место в мире по недоступности жилья (см. статью «Будем гордиться» в газете «Строительные ведомости» от), простое и очевидное решение – увеличение толщины стенового ограждения – нам не подходит. Оно приведет к пропорциональному удорожанию и так недоступного жилья (26 лет! Время выплаты средней семьи). Необходимо использовать инновационные решения на основе новейших материалов и конструкций, позволяющие снизить стоимость при повышении потребительского качества жилья, в т.ч. по энергосбережению.

Но вначале необходимо понять, почему так необходимо энергосбережение и где его больше всего можно получить. Чиновники и журналисты любят упрекать потребителей в расточительстве энергии, сообщая, что население ее расходует в 4-5 раз больше, чем в странах Европы. При строительстве «зеленого» жилья в Сколково предполагается использовать опыт Дании. Глупо отказываться от сотрудничества с развитыми странами, но за основу, все же правильнее принять российские наработки. Во-первых, «за державу» обидно, во-вторых, деньги и немалые уплывают за границу, в-третьих, если не будут использоваться отечественные разработки, то будет уничтожен (деградирует) и наш интеллектуальный (самый ценный) фонд, как деградировали целые отрасли нашей экономики и в - четвертых, уж очень климат в России отличается от Европы. Несколько сухих, но ярких цифр. Средняя температура января в Новосибирске -20°C, в Якутии до - 48°C, в Европе от +5°C до -5°C. Продолжительность отопительного периода в Новосибирске 228 дней (ГСОП 6600 гр.суток), в Ванкареме 365 дней! (ГСОП 12500 гр./суток), а в Европе 50 – 100 дней (ГСОП 500 ÷1200 гр./суток).

Таким образом, для Новосибирска действительно требуется на отопление в 5 раз больше энергии, чем для стран Европы, а для Якутии и Магадана – в 10 раз. Известно, что для отопления помещений расходуется около 40% добываемого топлива. Это означает, что один из главных резервов энергосбережения для России – повышение теплового сопротивления стен. Поэтому совершенно правильными представляются рекомендации участников конференции «Экодом: комфорт, доступность, энергоэффективность» о введении регионального норматива сопротивления теплопередаче для стен жилых зданий не менее 6 м²/град./Вт.

Стратегическая, экономическая, экологическая и социальная необходимости строительства «умных» сверхтёплых и недорогих домов в районах Арктики, Якутии, Сибири.

Масштабное освоение Арктики, Сибири и Северных районов РФ обозначено руководством страны, как одно из приоритетных направлений развития нашего государства. Причины этого очевидны:

- Увеличение военно-стратегического значения арктической зоны нашей страны.
- Развитие Северного морского пути, как важнейшего логистического элемента не только РФ, но и всего мира.

Освоение природных кладовых данной зоны, которые в настоящее время ещё почти не тронуты и даже не изучены. Особенно важным представляются прогнозируемые там огромные запасы углеводородов.

Решение таких грандиозных задач невозможно без привлечения «на Севера» (которые в настоящее время практически безлюдны), высококвалифицированных и многочисленных кадров, а значит и массового строительства высококачественного и недорогого жилья.

Принципиальные особенности такого строительства.

Особо высокие требования к теплозащите. В некоторых районах Арктики расчётный отопительный период доходит до 365 дней, а средняя расчетная температура -35°C . т. е. ГСОП 12000 — 13000 градусосуток отопительного периода, т. е. в 2 раза больше, чем для Новосибирска, в 4 раза больше, чем в Москве и в 8-10 раз больше, чем в большинстве стран Европы и Америки.

Жильё должно быть комфортабельным и «умным», требовать для своей эксплуатации минимальных затрат, т.к. зарплата в Арктике высокая, а уровень квалификации специалистов тоже. Такие специалисты жить в чумах или балках не согласятся.

При этом жильё должно быть недорогим. Но при больших объёмах строительства и значительной отдалённости от сложившихся баз стройиндустрии при отсутствии дорог, затраты, при традиционных методах строительства, будут непосильны.

Это значит, что для освоения Арктики должен быть использован инновационный путь, т.е. разработаны новые высокоэффективные материалы, проекты, мобильное оборудование и технологии, для изготовления основных материалов на месте строительства. Предлагаемые Вашему вниманию разработки являются элементами данного направления.

Легированные пеноматериалы - основа инновационного строительства.

Абсолютно очевидным представляется широчайший прогресс в XXI-XXII веках в области исследований, разработки и практического использования различного рода пеноматериалов. Их главными преимуществами являются:

1. Экономичность, так как от 5% до 95% объема может составлять воздух – самый дешевый и доступный материал.

2. Возможность весьма широкого регулирования основных свойств получаемого продукта по многим параметрам.

3. Наличие практически неограниченной сырьевой базы, начиная от пластмасс, минералов и заканчивая металлами. Вспенить можно почти любой материал.

Помимо основных, попутно можно получить ряд очень важных, дополнительных преимуществ, таких как:

1. Низкая теплопроводность, позволяющая экономить энергоресурсы. Следует отметить, что около половины энергоресурсов РФ расходуется на отопление и кондиционирование зданий, что, кроме чисто экономических потерь в глобальных масштабах, отрицательно влияет на экологию. Без таких материалов трудно себе представить массовое строительство так называемых «зеленых» домов, т.е. домов с

нулевым энергопотреблением.

2. Хорошие звукоизолирующие свойства позволяют без дополнительных затрат улучшить акустический комфорт.

3. Регулируя внутри материала соотношение замкнутых и сообщающихся пор, можно получить стеновое ограждение с оптимальными паро- и газопроницаемостью (стены «дышат» как деревянные), обеспечивая для людей высокие санитарно-гигиенические условия.

4. Существенное снижение транспортных расходов со всеми вытекающими последствиями: уменьшение загрязнения атмосферы и загрузки транспортных путей, снижение стоимости конечного продукта. Пример: жилой дом из кирпича имеет массу 500-600 тонн. Такой же дом из легированных ячеистых фибробетонов имеет массу в 3 — 4 раза меньше.

5. Легкая обрабатываемость пористых материалов существенно снижает затраты труда и времени, уменьшает себестоимость конечного продукта.

6. По сравнению с монолитными материалами экологичность пеноматериалов гораздо выше, в связи с их меньшей энерго- и материалоемкостью, уменьшением объемов выемки сырья и снижением затрат на рекультивацию, меньших расходов на транспортировку сырья и готовой продукции, а также на утилизацию отслуживших свой срок изделий.

Огромные возможности и преимущества пористых материалов открываются в использовании легирования таких материалов различными экологически безвредными веществами, волокнами химдобавками и наполнителями, армирование их металлическими и неметаллическими элементами, а также в создании анизотропных элементов, конструкций и изделий, комбинация их с традиционными материалами. При этом получается синергетический эффект, т.е. существенно превосходящий простую сумму результатов.

Природные пористые материалы (древесина, пемза, ракушечник и др.) давно используются человеком. Искусственные пористые материалы (пенопласты, пеностекло, кирпич, газо- и пенобетоны) известны, но широта и масштабы их применения в экономике совершенно не соответствуют назревшим потребностям и возможностям общества. Речь идет о массовом производстве (миллиарды тонн), охватывающем практически все отрасли экономики (строительство и производство стройматериалов, металлургия, химическое производство, судостроение и транспорт и т.д.). Требуется кардинальная модернизация, которая будет базироваться на программируемом создании огромного количества искусственных, новых, комплексно экономичных и максимально соответствующих конкретным условиям и потребностям пеноматериалов и изделий из них. Я позволю себе назвать их легированными пеноматериалами.

В масштабном использовании легированных пеноматериалов хорошо просматриваются быстрые и большие перспективы, как с технической (выдающиеся качества материала), так с экономической и производственной точек зрения (наличие безграничных рынков сбыта). Объем сбыта этих материалов, по прогнозам, составит в недалеком будущем сотни миллиардов евро.

Следует отметить, что, как любой инновационный продукт, легированные пеноматериалы имеют значительный резерв по их дальнейшему усовершенствованию, улучшению и удешевлению.

«Легированные ячеистые фибробетоны», производятся по интенсивной безавтоклавной технологии. Получаемый материал может быть использован в виде изделий или в виде заливочной массы и представляет собой искусственную каменную пену с содержанием воздуха от 5% до 95%. Для его изготовления используются

различные вяжущие, например, цемент, мелкие наполнители (например, мелкий песок), вспенивающие, легирующие, армирующие и др. добавки. Все компоненты тщательно перемешиваются, вспениваются и заливаются в формы или непосредственно в конструкцию (фундамент, перекрытия, полы). Изменяя качество, виды и количество добавок, можно получить практически любой материал, необходимый для строительства всех элементов коробки дома, начиная с фундамента и заканчивая перекрытиями. Технология производства является простой и неэнергоёмкой.

Для использования повышенных технических характеристик легированных ячеистых фибробетонов разработаны и производятся следующие высокоэффективные конструкции и конструкционные элементы:

1. Блоки «Силикон-Якутия 6», при толщине всего 400 мм обеспечивают теплозащиту эквивалентную стене из кирпича толщиной 4 метра. При этом они имеют отделанную наружную и внутреннюю поверхность, полную пожаробезопасность, экологичность и долговечность, сокращают сроки строительства. Снижение стоимости 1 кв. м. такой «сверхтеплой» стены составляет, по сравнению с кирпичной, 20 - 40%.

2. Универсальные «тёплые» плитно-арочные фундаменты для малоэтажного строительства из гидрофобизированного ячеистого фибробетона. Фундамент под индивидуальный дом заливается всего в две смены, уменьшает теплопотери дома и дешевле обычного фундамента на 20 - 50%.

3. Внутренние стены, перегородки и «тёплые» перемычки из легированного ячеистого фибробетона уже много лет применяются как в малоэтажном, так и в многоэтажном строительстве. Снижение затрат, по сравнению с кирпичной стеной, составляет 600-800 рублей на 1 кв.м.

Высокоэффективный блок «Силикон – Якутия 6»

Блоки «Силикон – Якутия 6» обеспечивают при минимальных затратах высокие и особо высокие теплозащитные свойства стены, её пожаробезопасность, долговечность, экологичность, минимальный вес, полную заводскую готовность, малые трудозатраты при изготовлении блоков и при строительстве, высокие темпы монтажа зданий.

1. Назначение: строительство зданий высшей категории теплозащиты: малоэтажных бескаркасного типа и многоэтажных с каркасом в районах с суровым и особо суровым климатом.

2. Конструктивные особенности: несущий (для зданий до 5 этажей) или не несущий (для многоэтажных и высотных зданий) элемент для наружных ограждений с готовой (офактуренной) наружной поверхностью и чистой (под шпаклевку) внутренней поверхностью, состоящий из внутреннего и наружного слоя из легированного ячеистого фибробетона, эффективного утеплителя, экранной изоляции, позволяющей надежно регулировать паропроницаемость стенового ограждения (в случае необходимости), и точечных связей между слоями.

Стены из С-Я6 пожаростойкие, негорючие, не выделяют дыма, газов и токсичных веществ даже при пожаре.

Долговечность стен из С-Я6 не менее 100 лет. Ячеистый бетон на цементном вяжущем длительное время (до 30 лет) увеличивает прочность.

3. Сопrotивление теплопередаче в зависимости от климатического пояса регулируется от 6 м² гр. / Вт. и более.

4. Масса блока от 12 до 40 кг в зависимости от плотности, влажности и размеров.

Масса 1 м² стены от 170 до 240 кг в зависимости от плотности и влажности.

Морозостойкость до 200 циклов.

5. Кладка стенового ограждения из таких блоков ведется одновременно с монтажом каркаса (со сдвижкой на 1–2 этажа), не требует дополнительного утепления и фасадной отделки, что резко сокращает трудоемкость и сроки строительства и позволяет вести скоростное строительство зданий. Так, трудозатраты на 1 м² кирпичной стены с навесным фасадом составляют 11,7 чел./часа, а стены из блоков «Силикон - Якутия» - всего 0,6 чел./часа, т.е. ниже в 20 раз.

Кладка стены ведется на поризованном растворе с упругой герметизирующей прокладкой.

6. Стоимость блока 180 – 400 руб./шт.

Стоимость блоков в стене составляет 2250 руб./м².

Стоимость стены с кладкой и отделкой равна 2800 – 3200 руб./м².

Сравнение экономичности данного решения с другими конструкциями, имеющими $R = 6 \text{ м}^2 \text{ гр./Вт}$ следующие. Кирпичная стена с навесным фасадом толщиной 830 мм, стоимость 6700 руб./м²; Из Сибита толщиной 800 мм, стоимость 6500 руб./м².

Предложение по строительству пилотного дома.

Новый тип легированных материалов позволил разработать уникальный комплекс новых технических решений, позволяющий в короткие сроки (1-1,5 месяца) строить сверхтёплые (сопротивление теплопередаче эквивалентно стене из кирпича толщиной 4-4,5 метра) пожаробезопасные, долговечные дома невысокой стоимости (1 кв.м от 10 до 18 тыс. рублей).

Основные преимущества:

1. Сверхвысокая теплозащита наружных стен из блоков с сопротивлением теплопередаче 6-7 кв.м гр/Вт, что в 5-6 раз выше обычной стены из кирпича. Для дома площадью 100 кв.м необходимая мощность отопления при расчётной температуре для Новосибирска -43 градуса, всего 2000ккал/час (2-2,5 кВт). До температуры наружного воздуха минус 25 – 30⁰С достаточно бытовых тепловыделений. Это позволяет использовать для отопления простые и дешёвые автоматизированные системы электрического отопления (например, на тонкоплёночных карбоновых нагревателях).

1. Темп строительства коробки дома от «земли до крыши» 1 -1,5 месяца с готовностью под чистовую отделку.

2. Главная особенность, позволяющая осуществить массовое строительство сверхтеплоэкономичных домов — низкая стоимость строительства такого дома, которая в 2 раза ниже лучших отечественных аналогов и в 6 раз меньше зарубежных и составляет от 10 до 18 тыс. рублей за 1 кв. м. Стоимость строительства может быть дополнительно уменьшена на 15-30% за счёт использования собственного труда при изготовлении блоков и строительстве дома. Это делает такое жильё доступным для малообеспеченных категорий населения (молодые семьи, сироты, сельские жители и т. п.).

3. Основной материал — легированные ячеистые фибробетоны и блоки «Силикон-Якутия», которые производятся на мобильном минизаводе «Индивидуал» непосредственно на стройплощадке или вблизи от неё, что снижает транспортные расходы и зависимость от поставщиков.

Конструктивные особенности.

1. Фундамент, цоколь, плита пола первого этажа — армированная стеклопластиковой арматурой сводчатая тёплая плита. Это универсальный, высоконадёжный и экономичный тип фундамента пригодный для любых типов

оснований (грунтов). Давление (для двухэтажного дома) под подошвой фундамента составляет всего 0,15 — 0,30 кг/ кв.см.

2. Наружные стены из блоков «Силикон-Якутия» R= 6 -7 кв.м гр./Вт, (что почти в 2 раза выше нормируемого для Новосибирска) несущего и самонесущего типа толщиной 300 и 400 мм.

3. Внутренние несущие стены и перегородки из легированного ячеистого фибробетона.

4. Перекрытия любого типа, в том числе из железобетонных плит пустотного настила.

5. Кровля - несущая арка (свод) из блоков «Силикон — Якутия» со свободной планировкой второго этажа.

Примерная оценка стоимости корпуса двухэтажного теплоэкономичного дома площадью 100 кв.м приведена в таблице.

№	Наименование работ	Стоимость тыс.руб.
1	Планировка, земляные работы, устройство армированной сводчатой плиты до отметки 0,00 м с облицовкой цокольной части	286
2	Устройство стен, перегородок и перекрытия первого этажа с черновой отделкой	700
3	Устройство фронтонов и свода 2-го этажа с черновой отделкой	546
	ИТОГО	1532

Стоимость 1 кв. м 15,32 тыс. руб. Дополнительные работы, стоимость которых уточняется с субподрядчиками:

1. Стоимость энергосберегающих окон и дверей (14 шт.) - 70-100 тыс. руб.

2. Устройство электроснабжения и автоматизированного отопления на тонкоплёночных элементах - 80 -110 тыс. руб.

3. Примерная стоимость устройства водоснабжения, канализации и чистовой отделки - 300-400 тыс. руб.

Данный дом является одним из вариантов линейки теплосберегающих домов площадью от 50 до 200 кв.м.

Примеры выполненного строительства сверхтеплоэкономичных зданий.

С использованием разработок, представленных в данной статье, построены и успешно эксплуатируются несколько опытных объектов. При строительстве использовались: блоки «Силикон-Якутия», тёплые плитноарочные фундаменты, внутренние стены и перегородки из легированного ячеистого фибробетона.

В р.п. Колывань построен двухэтажный жилой дом эконом-класса (рис. 1). Дом удовлетворяет вышеприведённым в статье требованиям. На обогрев дома расход энергоресурсов в 2 раза меньше требуемого современными нормами и в 3-5 раз меньше, чем у обычных домов из дерева, кирпича, блоков, которые строятся частными застройщиками (особенно на селе).

Главное достижение реализованного проекта: за счёт использования инновационных решений – дом, имеющий малый расход энергоресурсов на отопление (всего 3700 кВт*час/ сезон), долговечный, пожаробезопасный, экологичный и с элементом «умного» дома (автоматизированная система электроотопления) имеет себестоимость (14957 рублей за 1 м²) т.е. не выше, а ниже аналога — дома из кирпича.



Рис. 1. Двухэтажный жилой дом эконом-класса в р.п. Колывань.

Кроме того были построены:

1. Мини-гостиница в Рыбачьем.
2. Несколько частных жилых домов в г. Новосибирске.
3. Всесезонный дачный дом без отопления.

Несмотря на то, что эти дома строились как пилотные, их энергосберегающие характеристики, низкая стоимость и короткие сроки строительства полностью подтвердились.

НА ПУТИ К ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ

Прохоров А.И.

Российская инженерная академия, г. Москва

Энергоэффективность жилищного строительства является популярной темой уже более 17 лет. В обзоре [1] рассматривается современное на тот момент понимание термина «здание с нулевым энергетическим балансом» (Net Zero Energy Building, NZEB) и перспектив строительства подобных зданий. В частности, согласно европейской резолюции от 2009 года, к 2019 году все вновь построенные здания должны будут производить столько же энергии, сколько потребляют. Согласно принятой в сентябре 2008 года Долгосрочной стратегии энергоэффективности штата Калифорния, активно рекомендуется перейти на строительство всех жилых зданий как «нулевых» к 2020 году, а общественных – к 2030 году. Инициатива здания с нулевым энергетическим балансом Департамента энергетики США (Net-Zero Energy Commercial Building Initiative, CBI) направлена на обеспечение коммерческой привлекательности строительства «нулевых» зданий во всех климатических зонах к 2025 году [1].

Одновременно с этим были выявлены основные вызовы NZEB концепции:

- Значительные колебания и общее несоответствие между локальным использованием и производством энергии,
- Сложность интегрирования с «обычными» районными теплосетями и сетями водоснабжения / водоотведения,
- Высокая стоимость сохранения энергии вне сетей,
- Необходимость внедрения NZEB мероприятий на этапе проектирования и более чем в единичном здании для обеспечения рентабельности.

Текущее положение можно увидеть на основании данных Объединённого Исследовательского центра Европейской Комиссии (JRC EC) [2]. Рассмотрим определения степеней реконструкции, используемых в европейских документах и организациях. В частности, такими как Институт повышения эффективности зданий в Европе (BPIE), Глобальная сеть эффективности зданий (GBPN), Директива по энергоэффективности здания (EPBD).

Таблица 1. Сравнительные определения степени модернизации зданий.

Степень реконструкции	Источник	Определение
Незначительная (малая)	BPIE [3]	Уменьшает конечное потребление энергии до 30%. Осуществление от одной до трех мер по улучшению (например, новая котельная, изоляция стен / крыши, окна), при средней общей стоимости проекта 60 Евро / м ² .
Умеренная	BPIE [3]	Включает в себя от трех до пяти улучшений дооснащения, что приводит к сокращению энергопотребления в диапазоне 30-60%, при средней общей стоимости проекта 140 Евро / м ² .
Глубокая	GBPN [4]	Сокращение энергопотребления на обогрев, кондиционирование, вентиляцию и ГВС на 75% и более.
	BPIE [3]	Применяется целостный подход, рассматривая реновацию как комплекс мер, работающих вместе, что приводит к сокращению энергопотребления в диапазоне 60%-90% при средней общей стоимости проекта 330 Евро / м ² .

Полная	EPBD [5]	Реконструкция здания, при которой: (А) общая стоимость ремонта, связанного с ограждающей конструкцией здания или техническими системами здания, превышает 25% стоимости здания (за исключением стоимости земли, на которой расположено здание); (Б) более 25% поверхности фасада здания подвергается обновлению.
«Здание с нулевым энергетическим балансом», NZEB	EPBD [5]	Реконструкция, которая ведет к зданию с очень высокими характеристиками по энергоэффективности. Почти нулевое или очень низкое количество требуемой энергии должно быть в значительной степени покрыто за счет энергии из ВИЭ, включая энергию из ВИЭ, производимую на месте или неподалеку.
	ВРПЕ [3]	Реконструкция приводит к более чем 90% окончательной экономии энергии, при средней общей стоимости проекта 580 Евро / м ² .

Отметим, что понятие «полная» модернизация встречается в документах, в которых отсутствует понятие «глубокая» модернизация, что позволяет предположить близкое содержательно наполнение этих терминов классификации.

В (табл. 2) показаны целевые показатели энергоэффективности для «Здания с нулевым энергетическим балансом» (NZEB), которые государства-члены ЕС представили в своих национальных планах (NEEAP).

Таблица 2. Потребности в энергии по некоторым странам ЕС для уровней NZEB.
PE - первичная энергия.

Страна ЕС	Жилые здания, кВт•ч/м ² в год		Не жилые здания, кВт•ч/м ² в год	
	Новые	Существующие	Новые	Существующие
Австрия	160	200	170	250
Болгария	30 - 50	40 - 60	30 - 50	40 - 60
Кипр	100	100	125	125
Дания	20	20	25	25
Франция	40 – 65	80	70 (офисы без кондиционирования) 110 (с кондиционированием)	60% PE
Латвия	95	95	95	95
Словения	45 – 50	70 – 90	70	100

Из данных таблицы можно сделать вывод, что содержательное понимание «уровней NZEB» существенно различается даже внутри ЕС.

Из анализа лучших практик можно сделать обобщение [7]:

- Изоляция крыши и наружных стен, замена одностворчатых окон, улучшение воздухопроницаемости оболочки здания и модернизация котлов считаются в целом рентабельными.

- Для программ глубокой реновации часто учитывают установку систем механической вентиляции (включая рекуперацию тепла), наземных тепловых насосов, улучшение систем освещения и охлаждения (особенно в нежилых зданиях) и учет поведенческих особенностей (например, интеллектуальные измерительные системы / системы управления, организация рабочих мест с учетом местного / естественного обдува и комфортного зонального теплового излучения).

- Варианты использования солнечной возобновляемой энергии благоприятно оцениваются, но редко включаются в пакеты обновления.

- Потенциал энергосбережения в жилом секторе оценивается больше, чем потенциал нежилого фонда, для которого доступно меньше информации.

Интересно отметить, что в отличие от российских авторов [8,9,10], европейские коллеги не предлагают пакетных технических решений для достижения «уровней NZEB» на уровне конкретных масштабируемых решений.

Для достижения заявленных показателей государства-члены сформулировали комплекс мер, направленных на устранение выявленных барьеров и стимулирование повышения энергоэффективности строительного сектора. Эти меры представлены в отчете Еврокомиссии [6]. На (рис. 1) представлены эти меры. Видна неоднородность пакетов мер, как с точки зрения абсолютного числа, так и с точки зрения типа поддержки, с преобладанием финансовых / налоговых и регуляторных (нормативных) мер. Данный набор мер в целом можно назвать стандартным.

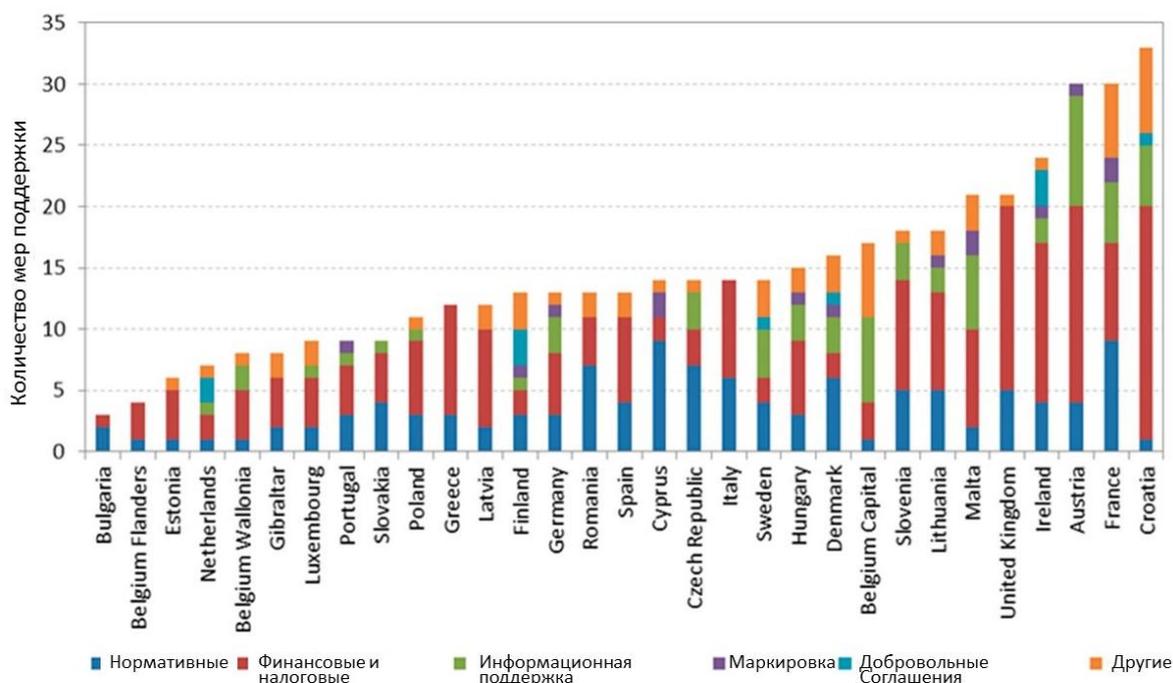


Рис. 1. Количество всех мер поддержки в строительном секторе (реализованных и планируемых) по странам и типам [2].

Интересной является инициатива по разработке Платформы снижения рисков для проектов в области энергоэффективности (De-Risking Energy Efficiency Platform (DEEP)). DEEP – это открытая инициатива для увеличения инвестиций в повышение энергоэффективности в Европе за счет улучшения обмена информацией и прозрачного анализа существующих проектов в строительстве и промышленности (<http://eefig.eu/index.php/deep>).

- DEEP содержит 4 900 проектов зданий и 2 00+ промышленных проектов из 24 европейских государств-членов и 560 из других стран (главным образом США).

- DEEP отслеживает 1,5 млрд. Евро инвестиционных проектов, предоставленных 25 крупными компаниями, государственными банками, частными инвестиционными фондами, финансовыми учреждениями.
- DEEP имеет удобную, прозрачную и открытую базу данных проектов для финансовых инвесторов ЕС, на которую можно сослаться при рассмотрении входа на рынки энергоэффективности.

Для условий России является целесообразным формирование похожей инициативы с учетом региональных климатических особенностей и акцента на повышении техногенной безопасности поселений. Подобные концепции, разработанные российскими авторами [10], несомненно заслуживают широкого обсуждения и включения в перечень мероприятий федеральных программ.

Литература

1. Здания с нулевым энергетическим балансом – миф или реальность? // М.: АВОК, №8, 2010.
2. Delia D'Agostino, Paolo Zangheri, Luca Castellazzi. Towards Nearly Zero Energy Buildings in Europe: A Focus on Retrofit in Non-Residential Buildings // *Energies* 2017, №10, 117.
3. Buildings Performance Institute Europe (BPIE). Europe's Buildings under the—A Country-by-Country Review of the Energy Performance of Buildings; BPIE: Brussels, Belgium, 2011.
4. Global Buildings Performance Network (GBPN). What Is a Deep Renovation Definition; Technical Report; GBPN: Washington, DC, USA, 2013.
5. Directive 2010/31/EU of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. *Off. J. Eur. Union* 2010, 3, 124–146.
6. Castellazzi, L.; Zangheri, P.; Paci, D. Synthesis Report on the Assessment of Member States' Building Renovation Strategies; EUR 27722 EN; Publications Office of the European Union: Luxembourg City, Luxembourg, 2016.
7. Article 4 building renovation strategies – good practices // *CA EED*, April 2016.
8. Велицко В.В. Ресурсосберегающая инфраструктура как условие сохранения населённых пунктов в условиях природных катаклизмов и террористических угроз // Новосибирск: Материалы II Всероссийской научной конференции с международным участием «Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий», Институт теплофизики СО РАН, 24–26.03.2015., с.419-428
9. Велицко В.В., Прохоров А.И. ТРИЗ в инфраструктурной безопасности // М.: Материалы VII конференции «ТРИЗ: практика применения и проблемы развития», 20–21 ноября 2015 г., С.39–49
10. Чумаков А.Н., Велицко В.В. Система автономного функционирования экопоселений с использованием биоотходов // М.: Коммунальщик, №6, 2015 г., С.16–21.

СОЗДАНИЕ «ЭНЕРГОПАССИВНОГО ДОМА» В УСЛОВИЯХ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

*Щеклеин С.Е., Велькин В.И., Хайретдинова Л.
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург*

Стандартизация энергопассивных домов устанавливается в зависимости от значений удельного потребления тепловой энергии (УПТЭ) на отопление ($\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$) в год. В Европе принята следующая классификация зданий в зависимости от их уровня энергопотребления [1]:

- «Старые здания» (здания, построенные до 1970-х годов) – УПТЭ примерно $300 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год;
- «Новые здания» (здания, построенные с 1970-х до 2000 г.) – УПТЭ не более $150 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год.
- «Дома низкого потребления энергии» (с 2002 г. в Европе не разрешено строительство домов более низкого стандарта) – УПТЭ $< 60 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год.
- «Пассивный дом» (passive house)– УПТЭ не более $15 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год.
- «Дом нулевого энергобаланса» (zero energy buildings)-здание, архитектурно имеющее тот же стандарт, что и пассивный дом, но инженерно оснащённое таким образом, чтобы потреблять исключительно только ту энергию, которую само и вырабатывает): УПТЭ = $0 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год.

В ходе исследования ставилась задача внедрения технологии, обеспечивающей возведение энергоэффективного дома в условиях Уральского региона [2]. В качестве исходного объекта для последующей реконструкции в жилой дом была взята заброшенная ферма КРС (крупного рогатого скота) (рис. 1), коих только в Свердловской области насчитывается около 200. Такая реконструкция была проведена (рис. 2) [3].



Рис .1.а) Заброшенная ферма крупного рогатого скота (июль 2001 г.)



Рис .1.б). Реконструированная в жилой дом ферма КРС (февраль, 2008 г)

Создание энергоэффективного дома, относящегося к категории «Пассивного», в принципе возможно для любого климатического пояса, в т.ч. и для холодных климатических зон.

Однако, каждый раз встает вопрос экономической целесообразности для конкретных территорий. Так, нулевой дом можно спроектировать и создать даже в суровых климатических условиях, используя технологические решения, например, монтируя его без окон, с толщиной стен более 1 м, в двойной оболочке с вакуумированием межстенного пространства – как термос. В то же время, в любом случае необходим приход энергии извне. Лучшим вариантом может быть использование возобновляемой энергии: солнечной, ветровой, гидро-, геотермальной, с отсутствием транспортной и топливной составляющих.

Потребность в приходе энергии для объекта напрямую зависит от климатического района и характеризуется коэффициентом ГСОП – градусо-суток отопительного периода.

$$Q_{от}^{год} = 0,024 \cdot ГСОП \cdot V_{от} \cdot K_{об}, \text{ кВт ч/год} \quad (1)$$

где, ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, $^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут/год}$:

$$ГСОП = (t_{в} - t_{от}) z_{от}, \quad (2)$$

$t_{от}$, $z_{от}$ – средняя температура наружного воздуха $^{\circ}\text{C}$, и продолжительность отопительного периода, сут/год, принимаемые по своду правил для периода среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8°C .

$t_{в}$ – расчетная температура внутреннего воздуха здания, $^{\circ}\text{C}$,

$k_{об}$, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$ - удельная теплозащитная характеристика здания:

$$k_{об} = K_{комн} \cdot K_{общ} \quad (3)$$

$$K_{общ} = 1 / A_n^{сум} \cdot \sum (n_{t,i} \cdot A_{\phi,i} / R_{o,i}^{пп}) \quad (4)$$

где: $R_{o,i}^{пп}$ – приведенное сопротивление теплопередаче i -го фрагмента тепловой оболочки здания, $(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$;

$A_{\phi,i}$ – площадь соответствующего фрагмента теплозащитной оболочки здания, м^2

$V_{от}$ –отапливаемый объем здания, м^3 ;

$n_{t,i}$ – коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у конструкции от принятых в расчете ГСОП.

$K_{комп}$ – коэффициент, учитывающий компактность здания:

$$K_{комп} = A_n^{сум} / V_{от}, \text{ м}^{-1}$$

Удельный расход тепловой энергии на отопление здания за отопительный период $q_{от}$:

$$q_{от} = Q_{от}^{год} / A_{от}, \text{ кВт ч}/(\text{м}^2 \text{ год})$$

Согласно СНиП 23-02-2003, требуемое сопротивление теплопередаче R , для различных городов России, представлено в сравнительном графике (рис. 3).

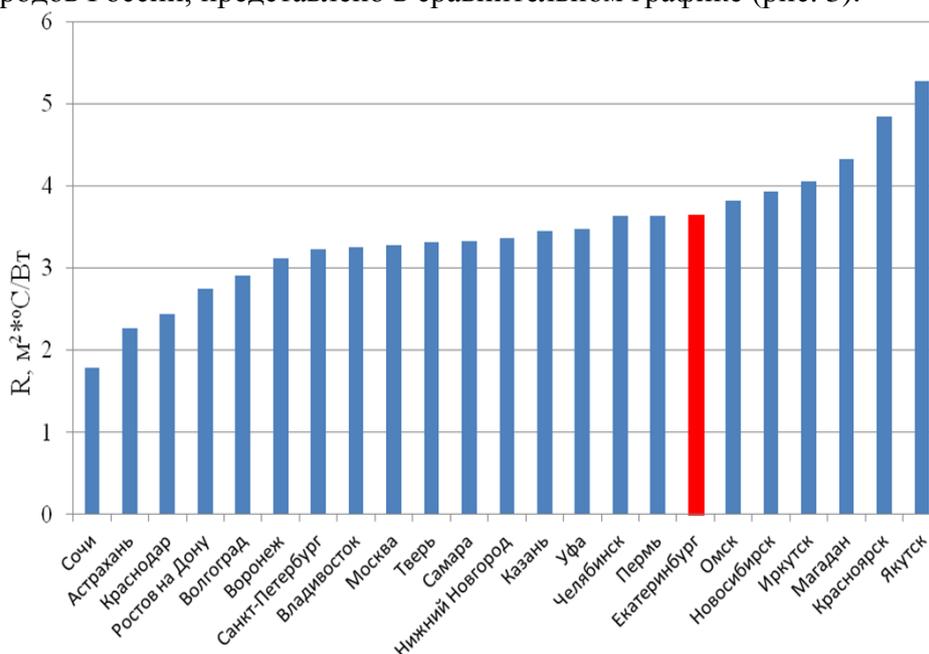


Рис. 3. Сопротивление теплопередаче для различных территорий и городов России

Потребление тепловой энергии при сопротивлении теплопередаче ограждающих конструкций $R = 1$ представлено на (рис. 4). При сравнении с графиком энергии, приходящей от солнца (рис. 5), видно, что они находятся в «противофазе»: большое количество солнечной энергии, приходящей в летний период, диссонирует с отсутствием необходимости в ней в этот период, и наоборот: зимой, когда требуется большое количество энергии на отопление, она практически «отсутствует».

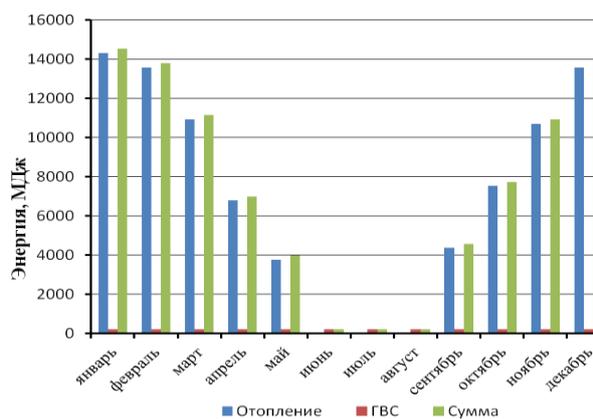


Рис. 4. Потребление энергии в течение года

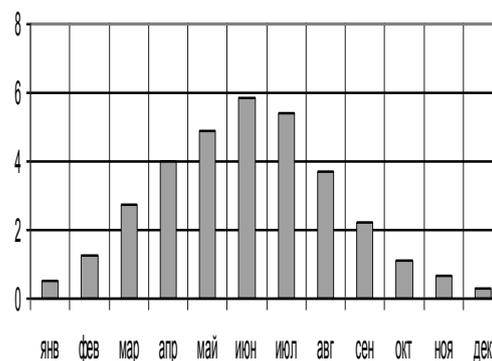


Рис. 5. Приход Q солнечной энергии в течение года при сопротивлении теплопередаче $R = 1$.

В связи со значительными излишками прихода энергии в летний период, естественен вопрос о необходимости аккумулирования солнечной энергии и последующего использования её в зимний. В этом случае можно было бы говорить о создании объектов с нулевым (по году) балансом («приход летом» = «расход зимой») энергии.

Потребление тепловой энергии $Q_{от}^{год}$ дома в зависимости от сопротивления теплопередаче R ограждающих конструкций представлено на (рис. 6.)

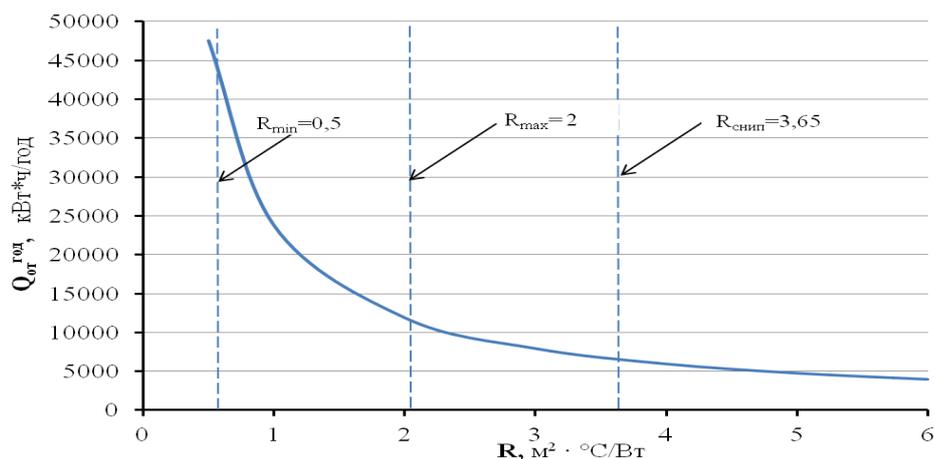


Рис. 6. Потребление тепловой энергии $Q_{от}^{год}$ дома в зависимости от сопротивления теплопередаче R

Из графика следует, что чем выше значение коэффициента сопротивления теплопередаче R , тем меньше энергии требуется на отопление объекта. В предельном случае, потребление энергии могло бы быть сведено к «нулю», однако подобный дом стал бы в результате мероприятий по теплозащите «золотым».

В (табл. 1) представлены удельные энергетические затраты на создание материалов и конструкций, используемых при строительстве зданий [4].

Таблица 1.

Энергетические затраты на производство материалов для жилого объекта

Материалы и конструкции	Общие энергозатраты, МДж
Цемент, т	7250
Кирпич глиняный, 1000 шт.	8903
Стекло листовое, т (1000 м²)	90190
Керамзит гравийный, м³	3538
Минеральная вата товарная, м³	2320
Пенобетон, м³	3451
Плитка керамическая облицовочная, 1000 м²	368880
Трубы канализационные чугунные, т	28710
Трубы пластмассовые из поливинилхлорида, т	140331
Трубы стальные, т	55941
Гипсокартонные листы, 1000 м²	54549
Железобетонные сборные стеновые конструкции из легкого бетона, м³	9106
Бетонные сборные конструкции, м³	5858
Железобетонные монолитные	7830

Для оптимизации затрат при проектировании «нулевого дома» получен график выбора эффективной толщины тепловой защиты здания с учетом ГСОП по критерию капитальных затрат на (рис. 7).

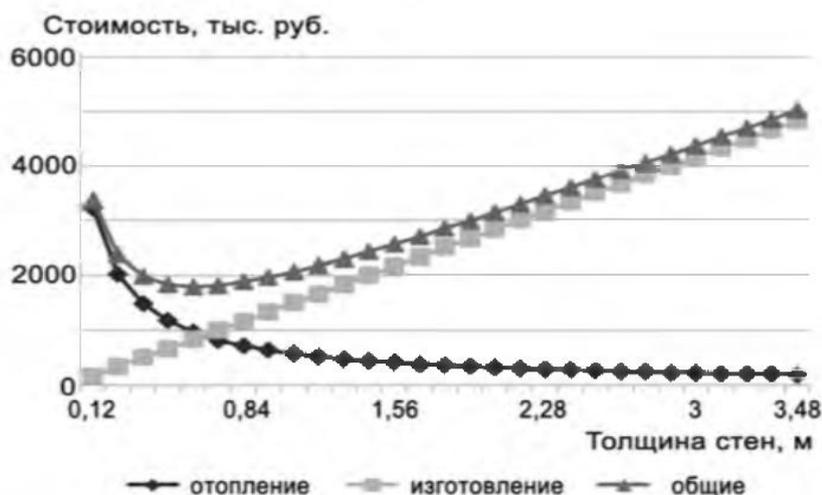


Рис. 7. Оптимизация затрат при определении варианта энергоэффективного дома.

Из графика следует, что на вогнутой части результирующей кривой, описывающей общие затраты, существует точка глобального минимума, которая характеризует наименьший уровень суммарных затрат и на приобретение материалов, и на отопление объекта в течение эксплуатации.

«Энергоэффективный дом» был сдан Государственной приемочной комиссии в декабре 2005 года и первоначально соответствовал классу энергоэффективности «С» по СНиП 23-02-2003 и СП 50.13300.2012 [5], что соответствовало показателям «Дома низкого потребления энергии» с УПТЭ < 60 кВт·ч/м² в год.

С целью достижения объектом показателей более высокого уровня («Пассивный дом» (passive house) и, в перспективе, «Дом нулевого энергобаланса» (zero energy buildings)), были проведены мероприятия по термографированию с последующим устранением недостатков (тепловых утечек) [6] и оснащение объекта энергонезависимыми источниками энергии (ветроустановки, ветронасос, солнечные фотоэлектрические преобразователи, солнечные коллекторы, тепловой насос, микро ГЭС) [7] (рис. 8).



Рис. 8. Реконструированный объект «Энергоэффективный дом» с комплексом возобновляемых источников энергии (январь 2015 г.)

В ходе проведенных мероприятий (замена утеплителя, ликвидация утечек) было достигнуто значение термического коэффициента для тепловой защиты $R=3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, что привело к снижению тепловых потерь и, как следствие, уменьше-

нию затрат на теплообеспечение объекта. Внедрение возобновляемых источников энергии и теплового насоса ещё на один шаг приблизило объект к «пассивному дому», т.к. удельное потребление тепловой энергии составило 20 кВт·ч/м² в год. Третьим шагом стало наращивание аккумулирующих мощностей на объекте суммарно с 500 до 7000 Аh, что позволило решить проблему отопления части здания в моменты отключений централизованных систем (газ, электричество).

Ещё одним (четвертым) шагом станет использование, как теплоаккумулятора, объема близлежащего пруда ($V=2000 \text{ м}^3$), выполняющего функцию пожарного резервуара и имеющегося в каждом коллективном саду (как требование пожарслужб). Кроме того, актуальным и перспективным является использование грунтового аккумулятора тепла. [8].

Выводы

Для создания энергопассивного дома в условиях Уральского климата требуется выполнение следующих условий:

- Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R должно иметь высокие значения (для РФ от 6-8 м²*С/Вт),
- Здание должно иметь системы энергоснабжения от возобновляемых источников соответствующей мощности;
- Здание должно иметь системы сезонного аккумулирования и последующего (компенсирующего) использования энергии.

Литература

1. Директива Европейского Союза по энергоэффективности зданий ЕВРО-2010/31/EU
2. Патент РФ №2005106435, 09.03.2005 Щеклеин С. Е., Тягунов Г. В., Велькин В. И., Ухов А. Л. Энергоэффективный дом / Патент России № 61760, 2007.
3. Velkin V.I., Vlasov V.V. Shcheklein S.E. Energy-efficient building with the integrated use of renewable energy sources in severe weather condition. WIT Transaction on The Built Environment. Vol.168.2015, WIT Press. Sustainable Development. Vol. 1 pp.191-199.
4. Щелоков Я.М., Данилов Н.И. Энергетическое обследование: Теплоэнергетика. Т.1., Справочное издание, Екатеринбург, 2011, 264 с.
5. ТСН 23-301-2004. Энергетическая эффективность жилых и общественных зданий. Нормы по энергопотреблению и теплозащите. // НИИ строительной физики РААСН. М., 2004.
6. Щеклеин С. Е., Тягунов Г. В., Велькин В. Е., Ефимова А. В. Тепловизионный мониторинг теплозащитных характеристик здания в рамках проекта «Энергоэффективный дом» //ж. Альтернативная энергетика и экология № 3, 2012. С. 113–118.
7. Velkin V. I. Research efficiency of complex systems with spread spectrum renewable energy for electric power supply decentralized objects in Russia. Proceedings of the scientific-practical conference «Energy Qwest», Ekaterinburg. 2014. PP. 357–362.
8. Корнеева И.А., Низовцев М.И. Расчет грунтового аккумулятора для системы солнечного теплоснабжения/ В сборнике: Наука, технологии, инновации: Материалы всероссийской научной конференции молодых ученых: в 10 частях. Новосибирский государственный технический университет. 2013. С. 160-164.