

Олег СЕРГЕЙЧУК

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗДАНИЙ КАК ФАКТОР БИОСФЕРНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ГОРОДОВ

Рассмотрены принципы проектирования биосферосовместимых зданий. Эти принципы включают оптимизацию эксплуатации зданий, выбора строительных материалов, степень использования возобновляемых источников энергии, степень остекления. Строительные нормы и правила в странах СНГ, анализируются по отношению к проектированию зданий в биосферосовместимых городах

Ключевые слова: биосферосовместимое здания, энергоэффективность зданий, возобновляемая энергия

ВВЕДЕНИЕ

На данный момент здания потребляют до 30% энергоресурсов Земли, которое человечество затрачивает на свои нужды. При этом, от сжигания топлива выделяется значительное количество CO_2 , который значительно влияет на обострение проблемы биосферной совместимости поселений. Основное внимание в повышении энергоэффективности зданий уделяется их утеплению. Однако при определении оптимального утепления зданий необходимо комплексно рассматривать ряд важных для биосферной совместимости задач.

1. АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Имеется большое число научных публикаций, посвященных проблеме проектирования энергоэффективных зданий.

Общая концепция математического моделирования теплового режима зданий и оптимизации их тепловой эффективности разработана Ю.С. Табунщиковым и М.М. Бродач [1, 2]. Они рассматривают здание как сложную систему, для оптимизации которой применяются методы и принципы выбора технических параметров системы климатизации и теплозащиты здания. В работах

Г.Г. Фаренюка значительное внимание уделяется основам обеспечения энергоэффективности зданий с точки зрения тепловой надежности ограждающих конструкций [3]. Однако в этих работах мало внимания уделяется оптимизации формы зданий, анализу экологичности используемых материалов, определению оптимальной продолжительности «жизни» зданий.

Концепция пассивных жилых домов (Passivhaus), предложенная Wolfgang Feist, и разработанный стандарт по их проектированию [4] нашли большое число поклонников во всем мире. До настоящего времени с применением технологии энергоэффективности построено уже более 8 тысяч пассивных домов. Чтобы дом мог называться пассивным, его конструкция должна обеспечивать сохранение тепла в помещении благодаря мощной теплоизоляции стен и покрытий, герметичности здания, наличию принудительной вентиляции с тепло-

обменником и высокой теплозащите окон. При этом энергопотребление зданий должно быть ниже 15 кВт/м^2 . Это - высокоэкологичные здания, рассчитанные на разумный срок эксплуатации. Однако здания Passivhaus имеют, как правило, простую геометрическую форму и не очень выразительный облик, что задерживает применение таких зданий, например, в России и Украине.

Бесспорным лидером проектирования и строительства интересных по форме, энергоэффективности и экологичности зданий является Norman Foster. Его концепция жизнеустремленных зданий была реализована во многих блестящих проектах [5]. Однако эти проекты не были проанализированы с точки зрения их биосферосовместимости.

2. КОНЦЕПЦИЯ БИОСФЕРОСОВМЕСТИМЫХ ЗДАНИЙ

Биосферосовместимое здание должно быть оптимизировано по следующим параметрам:

1. Срок эксплуатации.
2. Материалы конструкций.
3. Форма.
4. Степень использования возобновляемой энергии.
5. Степень остекления.

Рассмотрим эти параметры подробнее.

2.1. Срок эксплуатации зданий

Как известно, срок эксплуатации зданий зависит от его капитальности, то есть долговечности основных несущих конструкций - фундаментов, стен,

перекрытий. Чем дольше должно служить здание, тем более капитальными должны быть его конструкции, а значит, тем больше энергии необходимо затратить на производство материалов и строительство дома. При большом сроке эксплуатации зданий (100-150 лет) неминуемо возникает вопрос его морального устаревания, т.е. несоответствия объёмно-планировочного, инженерного решения изменившимся стандартам комфортности. Не всегда эти вопросы можно в полной мере решить за счёт реконструкции и капитального ремонта зданий. Это, в первую очередь, касается жилых зданий. Нет смысла строить индивидуальный жилой дом «на века». Ваши дети не захотят ездить на Вашем автомобиле, купленном 10-15 лет назад, даже если он все эти годы простоял в теплом гараже, так же они не захотят жить в доме, построенном по проекту 30-40-летней давности, даже если в этом проекте были заложены суперсовременные на тот час технологии.

Необходимо также помнить, что капитальный ремонт, а тем более реконструкция здания, сопряжена со значительными денежными и энергетическими затратами. Поэтому повышенной капитальностью должны обладать здания, имеющие важнейшие управленческие, народно-хозяйственные и культурные функции в городе, а массовые жилые здания должны быть рассчитаны на эксплуатацию в течении 25-30 лет.

2.2. Материалы конструкций

Совокупные затраты энергии на строительство домов из разных материалов показаны на рисунке 1.

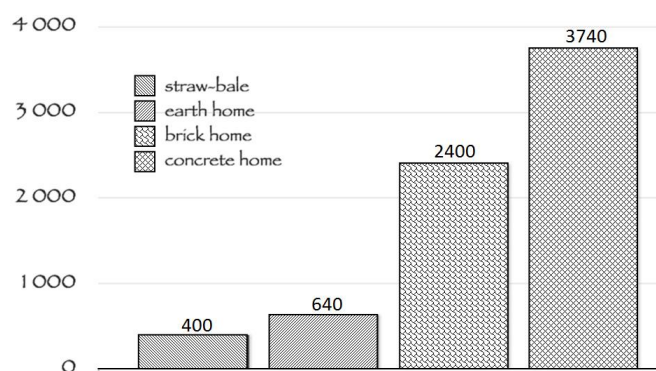


Рис. 1. Приведенные энергозатраты на строительство зданий из разных материалов, кВт·ч/м² (из [6])

В таблице 1 приведены данные о затратах энергии на производство тепло-изоляционных материалов [7].

В то же время, вокруг нас имеется экологичное, практически бесплатное сырье для производства жилых домов - глина, как конструктивный материал, и солома, стружка, опилки, вереск, тростник - как утеплитель.

В настоящее время из глины построено более 300 тысяч квартир в Германии. Большинство исторических зданий в Европе, построенных из глины, находится во Франции (15% зданий построено до 1900 г.). В регионе Гренобля - Лион - Чакон большинство городов и небольших сельских поселков построены из необожженной глины (до 80% зданий). Это школы, особняки, церкви и фабрики. В самом Гренобле появился целый глиняный поселок, в котором жилые дома и здания другого назначения построены из глины [8].

Таблица 1. **Окупаемость различных теплоизоляционных материалов [7]**

Материал	Плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Затраты энергии на производство, кВт·ч/м ³	Период окупаемости мес.
Пенополистирол	15-30	0,035-0,040	530-1050	7-20
Пенополиуретан	30-35	0,020-0,035	1140-1330	9-23
Минеральная вата	20-140	0,035-0,045	100-700	1,5-13
Древесно-волокнистая плита	190-240	0,045-0,053	590-785	8-16
Целлюлоза	40-70	0,045	10-17	0,1-0,3

В Йемене г. Шибам полностью построен из сухой глины. Построенные в XIX и XX вв. здания имеют высоту до 10 этажей. До сих пор эти дома в хорошем состоянии, а их жители имеют отличное здоровье.

Глиняные стены характеризуются низкой теплопроводностью и в то же время большой аккумулятивной способностью. Для отопления дома, используется минимальное количество энергии. Они дышат - естественным образом поглощают и испаряют влагу, сохраняя ее на соответствующем уровне.

Производство строительных материалов из глины не требует большого количества энергии, в том числе, благодаря устранению процесса обжига. Возникающие в ходе работ отходы строительных материалов, не вызывают загрязнения окружающей среды, натуральным способом "возвращаются" обратно в природу. То же самое происходит с демонтируемыми и закончившими свой жизненный срок, конструкциями зданий. Массивные стены из глины создают ощущение безопасности и надежности. Чрезвычайная пластичность этого строительного материала, позволяет формировать индивидуальные, различные формы конструкций и деталей.

Учитывая оптимальные сроки эксплуатации индивидуальных жилых домов, наиболее рациональными материалами для их возведения с точки зрения биосферной совместимости являются природные материалы на основе глины и соломы.

2.3. Форма зданий

Важнейшее место в повышении энергоэффективности домов занимает проблема оптимизации их формы, поскольку она служит основой дальнейшей оптимизации. Разработка оптимальной модели требует комплексного анализа и моделирования формообразующих факторов, которые включают природно-климатические условия, нормативные требования, физико-технические процессы в конструкциях и средах, которые эти конструкции разделяют, техно-логические требования. Некоторые из этих факторов (солнечная радиация, температура и влажность воздуха, использование возобновляемых источников энергии) оказывают непосредственное влияние на энергоэффективность домов, другие (нормативные и технологические требования к инсоляции, естественному освещению, акустики, шумозащиты, аэрации и т.п.) - опосредствованное, поскольку определяют ориентацию домов, площадь остекления, необходимость и вид солнцезащитных устройств, форму зрительных залов, конструктивные требования к звукоизоляции помещений, предельные размеры домов из условий сохранения санитарно-гигиенических требований на территории застройки и в существующих домах и т.п.

Среди архитекторов и проектировщиков укоренилось мнение, что оптимальным, с точки зрения энергосбережения, является здание в форме шара, поскольку шар имеет наименьшую площадь поверхности среди всех фигур с одинаковым объёмом. Однако расчёты показывают, что это не так [9]. На рисунке 2 показано изменение формы тела Q постоянного объёма, которое имеет наименьший тепловой баланс с окружающей средой, при разной интенсивности несобственного точечного источника тепла.

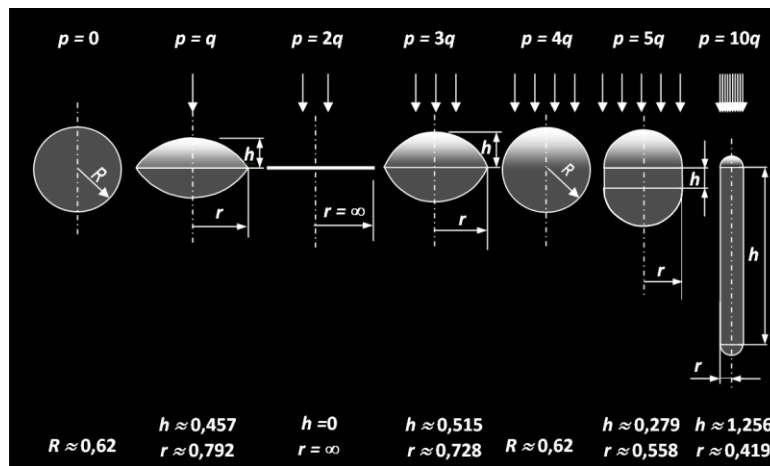


Рис. 2. Оптимальная форма тела Q при разной интенсивности несобственного точечного источника тепла: p - интенсивность источника тепла; q - интенсивность собственного излучения тела

Задача оптимизации формы здания может быть сведена к вариационной задаче.

2.4. Использование возобновляемых источников энергии

Затраты на обустройство дома системами использования возобновляемых источников энергии достаточно большие. Поэтому каждый раз нужно просчитывать целесообразность их установки с учётом роста стоимости цены на традиционное топливо. За срок эксплуатации здания эти системы должны окупиться.

Среди известных альтернативных источников энергии в настоящее время наибольшее распространение нашли солнечная, ветровая и геотермальная энергия. При этом пассивное использование солнечной энергии более предпочтительно, по сравнению с активным её использованием. Именно эти виды энергии используются при строительстве зданий по стандарту Passivhaus [4].

2.5. Остекление зданий

Во всех странах мира нормативные требования по теплоизоляции окон значительно ниже требований к глухим частям теплоизоляционной оболочки. Это и понятно, так как окно должно быть прозрачным, а значит, в нем нет возможности использовать эффективные теплоизоляционные материалы. Но повышение сопротивления теплопередачи окон - наиболее эффективный путь увеличения энергоэффективности зданий. Это видно на рисунке 3: ввиду гиперболической зависимости между коэффициентом теплопередачи U и со-

противлением теплопередачи R незначительное увеличение нормативного сопротивления теплопередаче окна даст значительное уменьшение теплопотерь. В тоже время, значительное дальнейшее увеличение нормативных требований по сопротивлению теплопередаче стен мало повлияет на уменьшение теплопотерь зданий. Несмотря на значительную стоимость повышения теплоизоляционных показателей окон, этот путь экономии энергии является перспективным. На рисунке 4 проиллюстрирован ожидаемый эффект от повышения норм по теплоизоляции окон в Украине, полученный при помощи программы расчёта эффективности фирмы Aluplast.

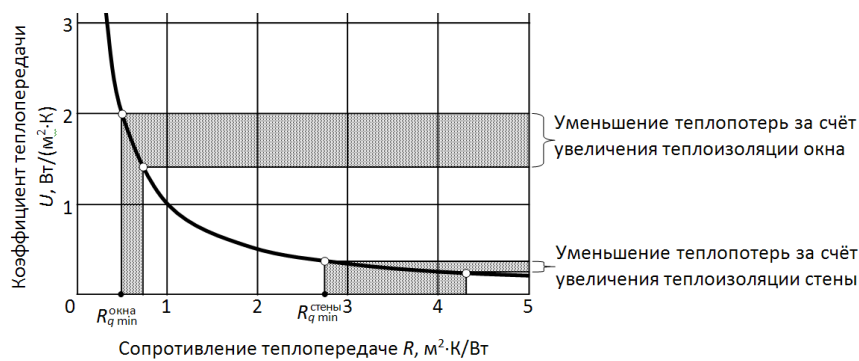


Рис. 3. Анализ эффективности увеличения теплоизоляции окон

Существенным недостатком действующих нормативов проектирования светопрозрачных ограждений зданий является то, что требования к освещению помещений, их инсоляции и теплозащите, регламентируются разными нормативными документами. Например, в Украине требования к инсоляции помещений жилых и общественных зданий устанавливаются санитарными нормами [10], которые ориентируются лишь на действие ультрафиолетовой радиации, составляющей менее 4% солнечной энергии. Нормы по естественному освещению [11] учитывают только видимый свет (приблизительно 46%) при условии сплошной облачности. Нормы по тепловой изоляции зданий [12] учитывают поступление солнечного тепла лишь в период отопления. Проектирование солнцезащитных устройств вообще лишь декларируется без установления необходимых методик их расчета, это притом, что инфракрасная радиация составляет больше 50% солнечной энергии. Такое же положение и в других странах СНГ.

Расчётная база

Страна, город / градусодни:	Украина, Киев / 4188.00
Энергоноситель теплота сгорания: эмиссия	Газ 10.83 кВт·ч/м ³ 2.00 кг CO ₂ /м ³
Цена за единицу, USD / м ³	0,45
Ожидаемый ежегодный рост цен на газ, %	4,5
КПД отопления, %	75
Площадь окна, м ²	1
R окна по ДБН, м ² К/Вт	0,6
R нового окна, м ² К/Вт	1,0

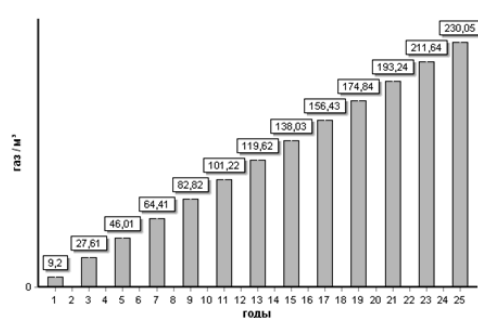
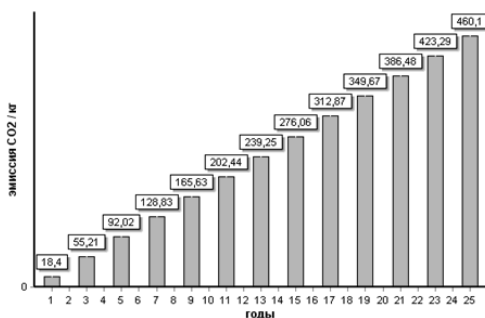
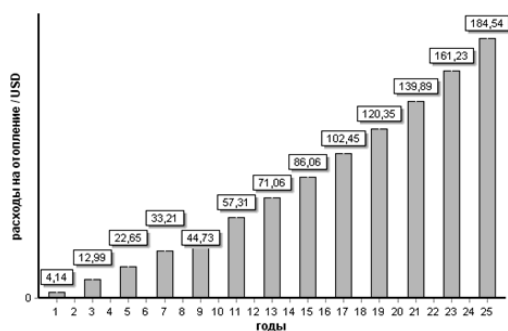


Рис. 4. Снижение расходов на отопление, эмиссии CO₂ и экономия газа при увеличении сопротивления окна с 0,6 до 1,0 м²К/Вт

Необходимо эти нормы срочно пересматривать с точки зрения проектирования зданий как объектов биосферосовместимых городов.

3. ВЫВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Превращение городов в биосферосовместимые поселения невозможно без строительства энергоэффективных и экологических зданий.

Биосферосовместимое здание должно отвечать концепции, которая рассматривает его как сложный объект, неразрывно связанный с природой, временем и экономическими возможностями.

Дальнейшего исследования требуют задачи математического моделирования, как отдельных составляющих концепции, так и их совокупного рассмотрения.

Также существенного улучшения требуют строительные нормы. Они должны быть направлены на комплексное решение всех аспектов проектирования энергоэффективных зданий.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Табунщиков Ю.А., Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий, Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач, АВОК-ПРЕСС, М. 2002, 194 с.
- [2] Табунщиков Ю.А., Энергоэффективные здания, Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач, Н.В. Шилкин, АВОК-ПРЕСС М. 2003, 200 с.
- [3] Фаренюк Г.Г., Основы обеспечения энергоэффективности зданий и тепловой надежности ограждающих конструкций, Г.Г. Фаренюк, ГАММА-ПРИНТ, Киев 2009, 216 с.
- [4] Passivhaus Vorprojektierung 2002. Energiebilanzverfahren für die Vorentwurfsplanung von Passivhäusern / [Feist W., Baffia E., Schnieders J., Pfluger R.] PHI, Darmstadt 2002, 42 p.
- [5] Foster 40. 2 volumes, Prestel Publishing, Munich-London-New York 2007, 564 p.
- [6] Широков Е.И., Опыт и потенциальные возможности строительства экономичного энергоэффективного экологически чистого жилья из местных возобновляемых материалов в Беларуси, Е.И. Широков [Электронный ресурс] - Режим доступа: www.reenergy.by.
- [7] Ecofys VII - U-values for Better Energy Performance of Buildings. [Электронный ресурс] - Режим доступа: www.eurima.org.
- [8] Строительство домов из глины и земли. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://stroitelstvodomov.com/stroitelstvo-domov-iz-gliny-i-zemli/>.
- [9] Sergeychuk O., Optimization of the form of energy conservation buildings, O. Sergeychuk, Modernizacja i energetyka rolnictwa, Lublin 2008, Tom 10A, p. 121-130.
- [10] Санитарные нормы и правила обеспечения инсоляцией жилых и общественных зданий и территорий жилой застройки: СН 2605-82.- [Введены в действие со 2 июля 1982 г.], Минздрав СССР, М.: 1982, 3 с. (Государственные санитарные нормы Украины).
- [11] Естественное и искусственное освещение : ДБН В.2.5-28-2006. [Введены в действие с 2006-10-01] / Госстрой Украины, Укрархбудінформ, К.: 2006, 76 с. (Государственные строительные нормы Украины).
- [12] Тепловая изоляция зданий: ДБН В.2.6-31:2006. - [Введены в действие с 2007-04-01] / Госстрой Украины, Укрархбудінформ, К.: 2006. - 65 с. (Государственные строительные нормы Украины).

ENERGY EFFICIENCY BUILDINGS AS A FACTOR OF THE COMPATIBILITY BIOSPHERE OF THE CITIES

Principles of creating of biosphere-compatible buildings are considered. These principles include the optimization of service life of buildings, choice of structural materials, renewable energy, and level of glazing of buildings. Building regulations of the CIS countries are analyzed with respect to design of buildings in biosphere-compatible cities.

Keywords: biosphere-compatible buildings, energy efficiency, renewable energy