

## МЕТОДЫ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ И ТЕПЛОВАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗДАНИЙ

Геннадий Куликов, Альбина Казьмина

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181

e-mail [albinakazmina@yandex.ua](mailto:albinakazmina@yandex.ua)

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы оптимизации теплоэнергетического воздействия наружного климата на тепловой баланс здания с учетом выбора формы здания, ориентации, этажности.

**Ключевые слова.** Тепловая эффективность, солнечная энергия, климатические факторы, параметры здания, микроклимат.

### ВВЕДЕНИЕ

Создание энергоэффективных зданий и их конструкций (на основе адаптированных к местным условиям архитектурно-строительных решений и климата) становится тем направлением в архитектуре и строительстве, которое позволяет наиболее рационально использовать ограниченные топливно-энергетические и материальные ресурсы при получении максимального социального, экономического и экологического эффекта. Разработка архитектурно-строительных решений, обеспечивающих минимальные теплопотери и формирование условий микроклимата в помещениях зданий, проектируемых и эксплуатируемых в климатических условиях Украины должна быть приоритетным направлением в капитальном строительстве

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИИ

Исследовательская работа целого ряда ученых посвящена определению расчетных критериев необходимой теплозащиты зданий и совершенствованию методов теплотехнического расчета ограждающих конструкций. Анализ результатов исследований многими авторами показывает, что реализация основных задач по экономике тепловой энергии в зданиях может быть эффективно осуществлена на базе точных методов теплотехнического расчета при условии обоснованного выбора расчетных параметров. Учета особенности развития строительного комплекса, условий эксплуатации зданий и их ограждающих конструкций, а также климатических воздействий в районе строительства.

Так, например, разработанный Хлевчуком Р. В. инженерный метод теплотехнического расчета выявил закономерность изменения приведенного сопротивления теплопередачи в процессе оптимизации теплозащитных качеств легкобетонных панелей с термовкладышами

Теоретические основы теплопередачи через стены с учетом их воздухопроницаемости исследованы в работах Шкловера А.М., Васильева Б.Ф., Ушакова Ф.Б. и других. В нормативных документах ряда зарубежных стран регламентируется ориентирование зданий, позволяющих сократить теплопотери через наружные ограждающие конструкции благодаря учету ветровых воздействий и использованию тепла солнечной радиации в зимнее время. К сожалению в этих материалах не оговаривается такой документ для проектирования энергоэффективных зданий, как климатическая модель района строительства и микроклиматические данные участка строительства. Нами в предыдущих работах была разработана такая климатическая модель здания, в которой вычислен энергетический потенциал наружного климата и определены методы его использования.

### ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Архитектурные средства повышения тепловой эффективности зданий зависят от совершенствования их объемно-планировочных решений с учетом макро- и микроклиматических факторов.

В процессе архитектурно-строительного проектирования не всегда в полной мере учитывался весь комплекс климатических факторов, воздействующих на здание. Поэтому в зданиях построенных по таким проектам наблюдаются ухудшение теплового и воздушного режимов внутренней среды проживания, что существенно повышает удельную величину теплопотерь и снижает энергоэффективность сооружений. До начала проектирования необходимо разработать климатическую модель места строительства, которая включает в себя не только климатические факторы, но и взаимосвязь их с типологическими особенностями зданий.[4,5,6]

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

При проектировании энергоэффективного здания необходимо рассматривать две независимые энергетические подсистемы [12,13]:

- Наружный климат, как источник энергии;
- Здания, как единая энергетическая система.

Анализ первой подсистемы позволяет вычислить энергетический потенциал наружного климата и определить методы его использования для тепло и холодоснабжения здания.

Анализ второй подсистемы позволяет определить характеристики архитектурно-конструктивных, теплотехнических и энергетических показателей здания, как единой энергетической системы.

Существует две противоположные точки зрения относительно проблемы сохранения энергии и взаимодействия здания с окружающей средой. [12,13]

Первая рассматривает здания, как оболочку, имеющую внутреннее пространство, зависящее от различных природных процессов. В этом случае задача заключается в том, чтобы создать пространство с минимальной теплопередачей, причем, воздух рассматривается, как потребитель энергии, который, прежде чем будет использован должен очищен и либо подогрет, либо охлажден(летом). Если при этом обеспечивается достаточная герметизация помещений, то возникает необходимость применения дезодорирующих устройств и обеспечение эффективной фильтрации воздуха. В этом случае условия для микроклимата помещения создаются путем широкого использования различных механических систем.

Согласно второй точке зрения окружающая среда рассматривается, как положительный фактор, связанный со многими полезными явлениями (солнечным теплом, естественной вентиляцией, естественным освещением и т.д.). Эти внешние процессы могут быть использованы вместо механических систем.

В этом случае основная задача заключается в том, чтобы запроектировать такое здание, которое бы позволило использовать природные явления для обеспечения комфортных условий, а роль механических систем свести минимуму.

При разработке энергоэффективных зданий необходимо осознавать, что потребление энергии зданием начинается с процесса проектирования и продолжается в течение всего срока его существования.

Первые теоретические исследования по созданию энергоэкономичных зданий в России были выполнены в 1908-1910 году профессором по строительному искусству преподавателем Военно-инженерной академии В.А.Соколовским.

Им разработаны способы определения наиболее выгодных форм здания, их ширины и этажности. В своих работах он подчеркивал важность повышения степени комфортности жилых зданий, предлагая проводить её оценку с учетом перспективы и времени эксплуатации постройки, а также подчеркивал необходимость развития “вариантного метода расчета экономичности”.

В странах ЕС и Европейской экономической Комиссии ООН пересмотр и введение в действие новых стандартов и норм по энергосбережению, ужесточению нормативных требований к теплозащите жилых зданий произошло в конце 70-х начале 80-х годов.

В США такое ужесточение стандартов произошло в середине 80-х годов, в результате чего достигается уменьшение расходов энергии на 7-29%.

В стандарте Финляндии “сохранение энергии в зданиях” предусмотрено оборудование зданий автоматически регулируемой системой отопления, позволяющей поддерживать в каждой зоне помещения температуру воздуха с точностью до  $\pm 2^\circ \text{C}$ .

В дополнение к стандарту США (ASHRAE) регламентируется использование рациональной

геометрической формы, соотношения длины и ширины, площади здания, количество этажей.

В нормах Франции выбор климатической зоны учитывается в зависимости от теплопоступлений на горизонтальную площадку солнечной радиации, такие данные и представлены нами в климатической модели (климатическом паспорте).

В строительных нормах Швейцарии величина среднего коэффициента теплопередачи назначается в зависимости от солнечной радиации поступающей через окна, а также от расположения ограждающих конструкций.

В новейшем ДБН, к сожалению, по тепловой защите зданий в Украине такие критерии не рассмотрены.

В 2000 году принято решение о долгосрочной программе содействия энергетической эффективности (SAVE). [7] Тем самым было подтверждено, что энергоэффективность играет такую роль в снижении отрицательного воздействия жилищного строительства на окружающую среду. Особый интерес представляет Директива ЕС 2002 года по энергетической эффективности зданий, положения которой государства-члены должны были принять до 4 января 2006 года. Цель директивы- улучшение энергетических параметров жилых зданий, потребляющих около 40% производимой энергии. Этим документом установлено, что входящие в ЕС государства должны применять на национальном или региональном уровне методологию расчета энергетической эффективности зданий, включающую оценку их объемно-планировочного решения, ориентации, конструктивных решений и инженерно-технического обеспечения, использование солнечной радиации, внедрение других возобновляемых источников энергии и прочее. Иными словами она содержит основной набор требований к энергетической характеристике зданий.

Успешное выполнение мероприятий по энергосбережению в строительном комплексе зависит от того насколько быстро внедряется в практику проектирования и строительства архитектурно-строительная основа по созданию домов нового поколения: энергоэкономичных и энергоэффективных.

Как известно под энергоэкономичным подразумевается здание, объемно-планировочное и

конструктивное решение, которого, а также система инженерного оборудования помимо общепринятых функциональных требований удовлетворяют ещё и необходимости максимальной экономии энергоресурсов. Отличительная особенность энергоэффективного здания – его способность улавливать, а затем передавать во внутреннюю энергосистему или непосредственно в помещения зданий энергию возобновляемых источников: солнечную, тепло верхних слоёв земли, ветровую и другие её виды.

Принципиальной особенностью современных энергоэффективных зданий является комплексность проработки большого круга архитектурно-строительных и инженерных задач, связанных с процессами поступления распределения в помещениях как традиционных, так и альтернативных видов энергии [1,3,8]. Анализ работ этих авторов показывает, что высокая энергоэффективность зданий и сооружений достигается использованием вполне определенных архитектурно-строительных и инженерных решений, основными из которых являются:

1. Создание зданий, сооружений и их конструкции, отвечающих требованиям энергоэкономичности, способно активно поглощать, передавать в помещения тепловую энергию природной среды и обеспечивать формирование комфортных параметров микроклимата помещений;
2. Приспособленность зданий и сооружений к природным и антропогенным условиям;
3. Рациональные объёмно-планировочные решения, в которых использованы возможности оптимальной ориентации, компактного формирования и блокировки объектов, теплового зонирования помещений.

Ранее нами под руководством профессора Тетиора А.М. был разработан проект семейной фермы с использованием нетрадиционных источников возобновляемой энергии (солнце, ветер) для районов Крыма. Жилой дом фермера – 2-х этажный с ориентацией жилых помещений на южные румбы, на северных румбах запроектированы ванная комната, туалет, постирочная, кладовая, комната для завтрака, окна которой ориентированы на восток. Дом запроектирован с зимним садом, ориентированным также на юг. Целью разработки такого проекта было создание системы, которая обеспечила себя энергией использовала свои отходы (биологическая установка по выработке метана из органических отходов) и сама производила для себя продукты. Для горячего водоснабжения на крыше дома фермера был запроектирован гелиоколлектор. Зимний сад имеет общую систему с жилой частью

здания и является аккумулятором солнечного тепла. В гостиной запроектирован камин как дополнительный источник тепла.

Крыша запроектирована в 2-х вариантах: скатная со встроенным гелиоколлектором и плоская, на которой был запроектирован сад, создающий дополнительную теплоизоляцию. Стабильная температура и влажность крыши обеспечивается наличием толстого слоя земли, растущих растений и усиленной изоляцией самих конструкций, что исключает возникновение влажности в помещениях. Этот проект был зарегистрирован в сборнике научных трудов Украины.

Научные основы методологические принципы проектирования энергоэффективных зданий на основе системного анализа и рассмотрения здания как единой энергетической системы даны в работе Ю.А. Табунщикова и М.М. Бродач. Авторами была предложена методика построения математической модели здания содержащая три основных теплоэнергетические взаимосвязанные подсистемы: наружный климат, воздействующий на оболочку здания, энергия в самой оболочке и энергия внутри объёма здания.

Оптимизационная задача для энергоэффективного здания имеет следующее содержание: определить показатели архитектурных и инженерных решений здания, обеспечивающих минимизацию расхода энергии на создание микроклимата в помещениях здания. В обобщенном математическом виде целевую функцию для энергоэффективного здания можно записать так:

$$Q_{\min} = F(a_i),$$

Где: Q- минимальный расход энергии на создание микроклимата в помещениях здания

$a_i$ -показатели архитектурных и инженерных решений здания, обеспечивающих минимизацию расхода энергии.

Исследования, проведённые в Украине и других странах установили, что совершенствование объёмно-планировочных решений – это основной беззатратный вид энергосберегающих мероприятий, который обеспечивает экономное расходование не только энергетических, но и всех других видов ресурсов.

Элементами объёмно-планировочного решения здания, [11,12] способствующими повышению энергоэффективности являются зимние

сады, оранжереи и атриумы. Эти элементы способствуют снижению затрат энергии на отопление и обеспечивают дополнительные теплопоступления за счёт аккумуляции тепла солнечной радиации.

Атриумная концепция контролируемого микроклимата использовалась на протяжении всей истории архитектуры, в том числе ещё в доисторических постройках, и во всех климатических условиях земного шара.

Преимущество атриумов заключается в следующем: во-первых, комфорт в атриумах достигается архитектурными средствами, путём рационального использования климатических факторов, а также с помощью постепенного перехода с улицы во внутренние помещения здания; во-вторых, защитное остекление атриума позволяет экономить энергию, т. к. при этом уменьшается или исключается необходимость в дорогостоящем отоплении, охлаждении или освещении здания.

Если основной энергетической целью использования атриума является отопление то при его проектировании нужно исходить из следующих принципов: максимально увеличить поступление солнечной энергии в зимнее время, ориентировать остеклённые конструкции атриумов преимущественно на юг. По возможности остекление должно быть вертикальным или наклонным, но не меньше, чем на угол равный географической широте местности.

Для сохранения и распределения лучистой теплоты предусмотреть возможность солнечного прямого облучения внутренней каменной стены зимними солнечными лучами, т.к. нагретая стена будет излучать тепло во внутреннее помещение.

Для возвращения поднимающейся вверх теплоты устраивать рециркуляционные каналы, размещая их в верхней части атриума в зоне облучения солнцем. Тёплый воздух из верхней части атриума может быть направлен механическими средствами либо непосредственно в нижнюю зону атриума, или в жилое помещение для отопления и улучшения микроклимата. Желательно, чтобы атриум с южной стороны не был затенён другими постройками, тогда отопление прямыми лучами зимнего солнца становится весьма ощутимым. Атриум можно использовать для естественного освещения при любых климатических условиях. Благодаря частичной замене

искусственного освещения на естественное обеспечивается экономия затрат на электроэнергию.

При проектировании естественного освещения с использованием атриумов необходимо:

- для обеспечения максимального естественного освещения поперечное сечение атриума должно быть открыто для всего небосвода;
- необходимо обеспечить контроль и регулируемое снижение неблагоприятного воздействия инсоляции посредством ориентации проёмов, выборе цвета и использовании солнцезащитных штор.

Атриумы можно использовать при блокировке зданий небольшой этажности, как соединительный элемент (в одной из научно-исследовательских работ нами разработан проект энергоэффективного 2-х этажного 2-х квартирного блокированного жилого дома с атриумом).

В проект атриума можно включить посадку зелёных насаждений, что создаёт повышенную комфортность и запас энергии. Так, например, в Национальной академии природоохранного и курортного строительства построен такой атриум – зимний сад. Благодаря такому элементу защищены помещения от максимальных северо-восточных ветров и увеличен тепловой комфорт помещения, уменьшены теплопотери через окна, обращенные на северо-восток, которые составляли 35% от общих потерь энергии через ограждающие конструкции, ориентированные на это направление.

Объёмно-планировочное решение энергоэффективного здания зависит от ориентации и посадки здания на местности. Оценкой теплового климата и аэрационного режима занимаются на первой стадии проектирования, при этом определяются принципиальные решения здания, определяющие теплотехническую и экономическую эффективность. Необходимо помнить, что теплопотери через фасады, ориентированные по различным румбам неодинаковы. Для отдельного здания фасады, ориентированные на направления от северо-западного до северо-восточного направления не получают заметного притока тепла в зимний период. При решении планировки квартиры в здании на эти направления необходимо располагать второстепенные помещения (ванны, санузлы, подсобные помещения, возможно кухни).

Исследования показали, что различные комбинации объёмно-планировочных решений могут на 40-42% сократить теплопотери через наружные ограждения за счёт рационального

выбора отношения площади наружных стен к площади основания здания, которое зависит от отношения ширины здания к его длине. По этому в градостроительной практике устойчиво появляется тенденция к строительству ширококорпусных жилых зданий с квартирами повышенной комфортности, учитывающей требования конкретного заказчика. В отличие от существующих зданий шириной 10-12 м ширина новых ширококорпусных составляет до 20 м и более [11,18].

При этом более совершенные по теплотехническим качествам конструкции наружных многослойных конструкций стен, окон с тройным остеклением, кровли утеплённой экструдированным пенополистеролом, пофасадное и поквартирное регулирование режима отопления – все это в совокупности позволяет создать комфортный микроклимат в помещениях многоэтажных ширококорпусных домах при снижении энергозатрат на их отоплении на 50% и более.

При разработке объёмно-планировочного решения энергоэффективного здания следует обосновывать величины и соотношение определенных планировочных параметров: длины и ширины наружных стен, площади наружных ограждающих конструкций, приходящейся на единицу объёма или на 1 м<sup>2</sup> развёрнутой площади здания. Эти показатели используются для теплотехнической оценки объёмно-планировочных решений, при этом два последних из них, характеризующих и размеры здания и пластику его фасада, являются обобщающими показателями, влияющими на теплопотери здания.

В ряде работ [2,11,13] расчётным путём установлено, что «здание с минимальным коэффициентом компактности (при заданном объёме V) имеет в плане квадратную форму».

Как известно отношение площади наружных ограждающих конструкций к объёму здания характеризует компактность формы здания.

При сравнении одинаковых по объёму сооружений в форме параллелепипеда куб отличается наименьшими теплопотерями через наружные ограждения.

Здания может иметь и форму трапеции и форму шестиугольника что позволяет уменьшить поверхность здания.

## ВЫВОДЫ.

1. При комплексном подходе к проектированию, учитывающем архитектурные и строительные принципы, а также взаимосвязь с окружающей средой, можно получать разнообразные решения зданий с использованием энергии солнца, сокращая тем самым количество органического топлива.
2. Здания при проектировании должно рассматриваться как:
  - здания, как солнечный коллектор;
  - здания, как аккумулятор солнечной энергии;
  - здания, как тепловая ловушка.
3. Разработка объёмно-планировочных решений, повышающих энергоэффективность зданий, как традиционного типа, так и зданий, использующих тепловую энергию альтернативных источников.
4. Для отдельных регионов Украины необходимо разработать территориальные нормы и правила по энергосбережению в зданиях и проектированию их тепловой защиты, позволяющая более целенаправленно учитывать особенности природно-климатических условий конкретной территории для повышения энергетической эффективности зданий.
5. Необходима более точная оценка уровня энергоэффективности эксплуатируемых зданий и наружных ограждений с целью выбора рациональных вариантов повышения их тепловой защиты и проведения целенаправленных энергосберегающих мероприятий.
6. Желательно разработать особую методику проектирования, которая более полно учитывает естественные процессы и позволяет создать здание воспринимающее, как положительное и отрицательное влияние температур наружного воздуха, влажности, ветра и солнечной радиации без использования механических систем.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Куликова Г., Казьмина А., 2011. Основные принципы и приёмы формирования энергоэффективных зданий.// Сб. науч. тр. НАПКС.-№38, 110-115.
2. Дворецкий А., Казьмина А., 2008. Некоторые аспекты энерго- и ресурсо-экономической системы реконструкции пятиэтажной жилой застройки.// Пятая международная научно-практическая конференция «Геометрическое и компьютерное моделирование:

энергосбережение, экология, дизайн.» -Вып. 80, 226-231.

3. Дворецкий А., Казьмина А., 2008. Выбор и систематизация энергетических параметров энергоэффективных жилых зданий – Сб. науч. тр. НАПКС, 35, 168-173.

4. Казьмина А., 2000. Климатический паспорт – первая ступень для проектирования зданий.//Устойчивый Крым, инновационный потенциал КИПКС, 35 – 41.

5. Кратцер П., 1988 Климат города/ Пер. с нем. – М.: Стройиздат. -351.

6. Свич И., Шевчук А., 2012, Снижение энерго и ресурсоёмкости при использовании гиперпластифицирующих добавок а бетонах //MOTROL- Vol. 14, №6 105-110.

7. Матросов Ю., 2004. Законодательство и стандартизация Европейского союза по энергоэффективности зданий.// ЭСКО. - №6, 28-35.

8. Щукина Т., 2009. Энергосберегающие наружные ограждения для зданий с регулируемым микроклиматом помещений. Пром. и гражд. Строительство. - №4, 65-74.

9. Глинкин С., 2003. Современные ограждающие конструкции энергоэффективность зданий. М.: ОАО «ЦНИИ промзданий», 87.

10. Глинкин С., 2005. Энергосбережения в зданиях, прогрессивные ограждающие конструкции и практические методы их расчёта. М.: ОАО «ЦНИИ промзданий». - 112.

11. Гиндиян А., Авдеев К., 2009. О показателе компактности зданий. Пром и гражд. строительство, №8, 87-95.

12. Андерсон Б., 1982. Солнечная энергия. – М.: Стройиздат. – 246.

13. Аромин Дж. Э., 1960. Климат и архитектура. – М.: Гостройиздат. – 348.

14. Шаленый В., Дюкарев К., Скокова А., 2010. Методика дослідження очікуваних затрат на відновлення фасадної теплоізоляції будинків з опорядженням легкою штукатуркою.//MOTROL-Vol. 12D, 101-109.

15. Вошков А.И., 1962. Зависимость температуры от направления ветра. – М.: Изд. АНССЕР. – 124.

16. Шлинский В. М., 1964. Проектирование ограждающих конструкций зданий с учётом физико-климатических воздействий. – М.: Стройиздат. – 268.

17. Круглова А. И. Климат и ограждающие конструкции. – М.: Стройиздат. – 420.

18. Шуберт Р., Денис А., 1983. Альтернативные природные источники энергии в строительном проектировании. М.: Стройиздат. – 320.

19. Шаленый В., Скокова А., 2011. Вплив ступеню ушкодження зовнішньої теплоізоляційної системи CERESIT на вартість робіт по її відновленню.//MOTROL- Том 13С, 68-79.
20. Будівельна кліматологія ДСТУ – НВ.1.1-27:2011 (проект, остаточна ред.) К: 2011.

METHODS OF ARCHITECTURAL AND  
CONSTRUCTION SOLUTIONS AND  
THERMAL EFFECTIVENESS OF  
BUILDINGS

**Summary:** The describes the issues of optimization of thermal power impact of external climate on thermal balance of a building considering its form, orientation and number of storeys.

**Key words:** thermal effectiveness; solar power, climatic factors, building parameters; microclimate.

