

Введение

В настоящее время с постоянным ростом науки, появлением новейших технологий, разработкой современных материалов, и.т.д. в строительстве появляется возможность совместного использования всех достижений научно-технического прогресса, и создание «дома будущего», который будет представлять собой общую работу равных инженера и архитектора. Инвесторы готовы вкладывать свой капитал в проекты, обещающие оптимальный возврат инвестиций в течение всего жизненного цикла объекта. И в будущем это будет возможно только в тех проектах, где архитектура доказывает свою состоятельность не только внешним видом, но и опирается на современные технологии. Создание здания, которое будет не просто куском камня, а сложнейшей и можно сказать «живой и думающей» системой.

В данной работе, описываются существующие разработки и будущие направления исследования по данной проблеме. Принимая во внимание факт, что данная тема мало исследована и находится в стадии постоянного улучшения и изменения. Мною использованы различные источники, в том числе и иностранные издания, переведенные мною. Данная работа останавливается на некоторых подвидах «домов будущего»: рассматриваются «интеллектуальные дома», «энергоэффективные здания», и «экологические дома». Все эти понятия тесно связаны между собой, т.е. разделение на подвиды могло бы быть несколько другим.

Следует принять во внимание, что в настоящее время во Франкфурте проводится конкурс «Архитектура + Технологии», с целью привлечь внимание к проблеме сочетания архитектуры и функциональности. Определяющими критериями при выборе номинантов является использование в проекте новых строительных технологий, современных технологий автоматизации и диспетчеризации, выполнение требований по возможности дальнейшего наращивания функциональности.

1. Интеллектуальный дом.

Термин «интеллектуальное здание» уже несколько лет довольно часто появляется на страницах компьютерных, телекоммуникационных и массовых изданий. К сожалению, в эти слова вкладывается самый разный смысл. Одни называют этим словосочетанием дом, напичканный разнообразными компьютерами, другие – офис со структурированной кабельной системой, третьи – набор домашних автоматов. Ситуация похожа на ту, что была у шести слепых, ощупывающих слона и делящихся впечатлениями: у одного слон был похож на веревку (он держался за хвост), у другого – на тумбу (нога), у третьего – на большой лист (ухо).

Действительно, компьютеры, домашние автоматы, структурированная кабельная система – все это (как и многое другое) входит в понятие «интеллектуальное здание», но далеко его не исчерпывает. Интеллектуальное здание – это нечто большее. Это – концепция. Это философия. Это стиль жизни.

В новом доме вам будет уютно, комфортно, удобно и безопасно. Мало того, дом сам будет заботиться о вашем бюджете, экономя при помощи более разумного использования всех ресурсов. Постепенно он наведет порядок и в экономическом мышлении обитателей дома.

Новый дом будет построен из самых современных материалов с применением новейших технологий, и тем не менее он будет дешевле в эксплуатации, поскольку будет построен с умом. В современной жизни все меняется невероятно быстро, поэтому часто возникает потребность перестроить внутренности здания – в новом доме это будет легко и удобно сделать, и ваша жизнь не будет больше отставать от внешних перемен, а начнет опережать их.

1.1. Тенденции развития систем автоматизации зданий

Системы автоматизации зданий относятся к классу управляющих и прошли эволюционный путь, аналогичный системам управления в промышленности, заимствуя и используя опыт, накопленный в этой области, с естественным отставанием, обусловленным динамикой насыщения зданий инженерным оборудованием и формированием требований к его комфортной, безопасной и экономичной работе. Средства локального управления инженерными системами здания (лифтами,

вентиляцией и т.п.) развились от простых релейных сборок до контроллерных и компьютерных решений. Требования к системам автоматизации и диспетчеризации жилых и общественных зданий, сформулированные в предыдущие годы в строительных нормах и правилах (ВСН 60-89 «Устройства связи, сигнализации и диспетчеризации жилых и общественных зданий», СНиП 3.05.07-85 «Системы автоматизации» и др.) создали заделы для интеграции локальных решений в единую систему управления зданием. В настоящее время во всех вновь строящихся и капитально ремонтируемых зданиях, от крупных общественных и жилых сооружений до коттеджей, устанавливаются средства контроля и управления, а многие из них оснащаются интегрированными системами управления. Программа развития науки и технологий Москвы на 2002-2004 г. включает НИОКР по разработке и освоению производством комплекса средств для оснащения "интеллектуального дома". Московской программой по энергосбережению на 2001-2003 годы предусмотрено внедрение автоматизированных систем учета и контроля электроэнергии у бытовых потребителей (АСКУЭ БП) на базе использования тепло и водосчетчиков в жилых зданиях, вследствие чего экономия энергоресурсов становится актуальной задачей и для каждого потребителя. Требования по повышению безопасности функционирования инженерного оборудования, сокращению времени на выявление и устранение неисправностей и опасных ситуаций, повышению уровня комфорта, экономии энергии уже давно привели к необходимости создания комплексных систем автоматизации зданий. Но все эти системы были рассчитаны, прежде всего, на автоматизированное управление теми технологическими процессами и оборудованием административных и промышленных зданий, которыми иначе управлять невозможно. Несмотря на сложность этих систем, необходимость, важность и несомненное влияние на комфортность пребывания в здании людей, эти системы до определенного времени не относили к классу СИД. Спрашивается почему? Да именно потому, что они не являлись услужливыми в том смысле, как об этом говорилось во введении. Например, они поддерживали определенный температурный режим в здании зимой согласно соответствующим нормам и правилам, и это, конечно, жизненно необходимо, но они не умели выполнять капризы конкретного человека в конкретной комнате, если ему вдруг по каким либо причинам захотелось изменить тот температурный режим, который ему навязывают централизованные системы управления. Чтобы это стало возможным, должны были появиться датчики (сенсоры) и исполнительные органы (активаторы) или специальное оборудование (например, сплиттеры), которые в совокупности с локальными или централизованными контроллерами были способны выполнять человеческие "капризы", обеспечивать человеку в здании более высокий комфорт и, в конце концов, более высокое качество жизни. После того, как это стало возможным, традиционные архитектуры систем автоматизации зданий становились все более и более интеллектуальными в

указанном выше смысле. И теперь на базе этих архитектур, стало возможным создавать СИМ различных классов и уровней. Рассмотрим, какова теперь архитектура СИМ, поглотившая опыт создания систем автоматизации зданий, используемых до эры интеллектуального дома.

1.2. Интеллектуальные системы управления оборудованием здания

Термин «интеллектуальное здание» подразумевает под собой комплекс организационных, инженерно-технических мероприятий и программных средств, направленных на создание высокоэффективной инфраструктуры обслуживания здания, максимально отвечающей его потребностям.

Эффективное использование современных технологий автоматизации, диспетчеризации и управления системами жизнеобеспечения здания позволяет отнести его к «интеллектуальным».

Интеллектуальное здание от автоматизированного отличается, главным образом, возможностью программировать управляющие системы таким образом, чтобы реакция на события внутри здания происходила по заранее определенному сценарию.

Любая из подсистем такого здания либо функционирует полностью автономно, фиксируя свои действия, либо оперативно взаимодействует с оператором, запрашивая у него подтверждение действий. Например, при возникновении возгорания в здании, в зависимости от конфигурации, система может автоматически инициировать вызов пожарной команды или выдать сообщение о пожаре на пульт ответственного оператора. Решение о вызове пожарных во втором случае будет принято оператором.

Основные составляющие интеллектуального здания, следующие системы: управления зданием; кондиционирования и вентиляции воздуха; теплоснабжения и отопления; водоснабжения и канализации; энергосбережения; сбалансированного электропитания и освещения; структурированная кабельная система; локальной вычислительной сети; автоматизированная система лифтового оборудования.

В систему безопасности здания входят следующие подсистемы: охранная сигнализация; пожарная сигнализация и пожаротушение; управления доступом в здание; компьютерной безопасности; управления зданием.

Одним из основных компонентов интеллектуального здания является система автоматизированного управления инженерным оборудованием здания. Автоматизированная система управления инженерным оборудованием здания – это комплекс программно-аппаратных средств, основной задачей которого является обеспечение надежного и гарантированного управления всеми системами, находящимися в эксплуатации здания, и исполнительными устройствами.

Система способна за счет получения полной информации от всех эксплуатируемых подсистем, будь то пожарно-охранная, система теленаблюдения, компьютерная сеть, телефония, водоснабжение, электропитание, кондиционирование и т.д., принять правильное решение и выполнить соответствующее действие, проинформировать соответствующую службу о событии. Система открыта для дальнейших накладываемых на неё функций и добавления «интеллектуальности».

Система управления зданием (Building Management System) позволяет: оперативно принимать решение при аварийных и нестандартных ситуациях (пожаре, затоплении, утечках воды, газа, несанкционированном доступе в охраняемые помещения); обеспечить своевременную локализацию аварийных ситуаций; получать объективную информацию о состоянии всех систем здания и их работе; обеспечить централизованный контроль и управление при нестандартных ситуациях; ввести оптимальный режим управления инженерным оборудованием с целью сокращения затрат на использование энергоресурсов, потребляемых зданием (горячей и холодной воды, тепла, электроэнергии, воздуха и т.д.); ввести объективный анализ работы оборудования, действий инженерных служб при нестандартных ситуациях за счет документирования принятых решений.

Система кондиционирования и вентиляции воздуха представляет собой комплекс управления вентиляцией и кондиционированием. Она позволяет обеспечить управление этим оборудованием для создания комфортных условий деятельности внутри здания.

Автоматизированная система управления теплоснабжением, отоплением, горячим водоснабжением позволяет создать комфортные условия внутри здания, подключив к этому энергосберегающие программы.

Высшим уровнем управления инженерным оборудованием интеллектуального здания является использование его математической модели при рассмотрении здания как единой теплоэнергетической системы. Математическая модель должна строиться с учетом технологических особенностей процессов, происходящих в здании, внутренних источников, теплоаккумуляционных способностей ограждений конструкции в специфике системы климатизации зданий. Реализация математической модели должна учитывать возможность оптимизации

процессов и должна быть самообучающейся, т.е. она должна корректироваться по результатам предшествующих реализаций.

1.3. Интеллектуальное здание частного масштаба

В сектор частных домов концепция интеллектуального здания пришла из промышленности, где успешно реализуется уже многие годы, постоянно совершенствуясь и развиваясь, а вот о частном «интеллектуальном здании» стали говорить только в последние несколько лет. Возможно, это связано со стоимостью подобных систем и излишней функциональностью, а также с необходимостью практически с нуля создавать информационную структуру дома. Вторая проблема не является актуальной при постройке нового дома, о чем убедительно говорят цифры статистики – более 30% новых частных домов в США являются «умными». Действительно, при строительстве нового или реконструкции существующего дома можно предусмотрительно заложить информационную инфраструктуру: проложить специальные кабель-каналы и в каждую комнату наряду с привычной электрикой провести информационные кабели – коаксиальный и витую пару не ниже 5-й категории, помимо этого не будут лишними и провода звуковой системы. Как показывает практика, закладка коробов с последующей укладкой в них кабеля является оптимальным способом минимизировать стоимость внесения изменений в кабельную систему в будущем. Сегодня существует ряд стандартов, регламентирующих установку и эксплуатацию структурированных кабельных систем, на которых мы не будем останавливаться подробно, отметим лишь, что грамотная кабельная система избавит вас от головной боли на много лет.

Для владельцев же старых домов мысль о сверхкапитальном ремонте для внедрения такой системы представляется не то что нереальной, но почти абсурдной. Однако стремление к комфорту от этого не пропадает. Спасительными в таких случаях становятся решения, использующие существующую телефонную и электропроводку в качестве информационной магистрали. На сегодняшний день разработано несколько технологий, которые допускают применение уже существующей домашней проводки для подключения вычислительных устройств, телефонии и контроллеров бытовых приборов. Одной из наиболее популярных в последние годы является продвигаемая одноименной фирмой технология X10, которая сегодня практически стала стандартом де-факто на системы домашней автоматизации. Согласно стандарту X10 через

домашнюю электропроводку переменного тока выполняется одно- и двунаправленная пересылка сигналов для управления и слежения за функционированием совместимых с X10 модулей, существующих в настоящее время практически для любых электроприборов – от светильников до системы управления аквариумом с рыбками.

Другим решением, которое позволяет автоматизировать дом без прокладки многочисленных кабелей, является использование радиоконтроллеров. Кстати, именно решения, основанные на радиосвязи, пользуются сегодня наибольшей популярностью; при этом требование пользователей «никаких новых проводов» удовлетворяется полностью. На рынке можно найти и беспроводные решения уже упоминавшейся фирмы X10, легко интегрирующиеся с проводными контроллерами, и другие, в частности решения на базе стандарта Bluetooth, которые, правда, еще не приобрели такой же популярности и по большей части являются концептуальными разработками.

Естественно, в вопросе домашней автоматизации технология X10 не является единственной – на сегодняшний день существует несколько стандартов (протоколов). Еще в 1998 году появились первые изделия, соответствующие стандарту CEBus Home Plug-and-Play. Этот стандарт был поддержан большинством компаний, производящих персональные компьютеры и бытовую электронику. Кроме того, он предоставляет больше возможностей для управления и превосходит X10 по надежности. Кстати, в настоящее время есть и универсальные продукты, содержащие средства управления устройствами как X10, так и CEBus, в которых также предусмотрена возможность доступа к системе автоматизации жилища по телефонным линиям.

Несмотря на то что большинству потребителей вполне достаточно (и даже более того) функциональности, обеспечиваемой устройствами X10, не говоря уже о CEBus, многие ведущие производители готовят к выпуску новый единый стандарт, который будет способен расширить и без того немалый список возможностей, а также облегчить процедуру инсталляции и удешевить сами устройства.

1.4. Интеллектуальное здание в условиях российских реалий

В России до практического применения концепции «интеллектуального здания для жилья» осталось не так долго ждать. Например, компания АРМО-Групп приступила к выполнению нового

российского проекта по оснащению интеллектуальными инженерными системами нового московского 28-этажного административного здания. В рамках проекта, который продлится около года, будет введено в эксплуатацию все оборудование инженерных сетей, созданы телекоммуникационные, компьютерные системы, системы безопасности и управления всем инженерным комплексом здания.

Проект необычен для России, поскольку строится интеллектуальное здание, в котором будет установлено новое энергосберегающее оборудование, интерактивные системы безопасности и управления зданием (Building Management System), построены информационные и телекоммуникационные сети и системы.

Во всех системах заложена отказоустойчивая архитектура их построения, предусматривающая автоматическую реконфигурацию данных в случае повреждения линий связи и управления. В здании устанавливается комплекс противопожарной защиты, включающий автоматическую пожарную сигнализацию с микропроцессорными датчиками последнего поколения, и интерактивная цифровая система оповещения персонала о пожаре. Применяемые волоконно-оптические каналы связи обеспечат высокую скорость обмена данными между системами и эффективность работы системы управления зданием.

2. Энергоэффективный дом

Энергоэффективное здание есть результат мастерства архитектора и инженера. При проектировании энергоэффективного здания архитектор решает задачу использовать наилучшим образом положительное энергетическое влияние (воздействие) наружного климата и максимально нейтрализовать отрицательное влияние наружного климата на тепловой баланс здания. В это же время инженер решает задачу организовать такую систему климатизации здания, которая с наименьшими затратами энергии обеспечивает требуемые параметры микроклимата в помещениях.

Может быть, это самая главная идея для строительства XXI века – природа – не пассивный фон нашей деятельности: в результате нашей деятельности может быть создана новая природная среда, обладающая более высокими комфортными показателями для градостроительства и являющаяся в то же время энергетическим источником для климатизации зданий.

Замечательным примером гармонизации строительства объекта и природной среды является спортивный комплекс в Саппоро. В проекте города-спутника Саппоро, расположенном на острове Хоккайдо, была решена задача эффективного использования в градостроительных решениях природных, географических и климатических факторов. Учитывая, что особенностью острова Хоккайдо являются устойчивые сильные ветры северного направления, градостроительное решение города-спутника выполнено по типу естественного волнореза.

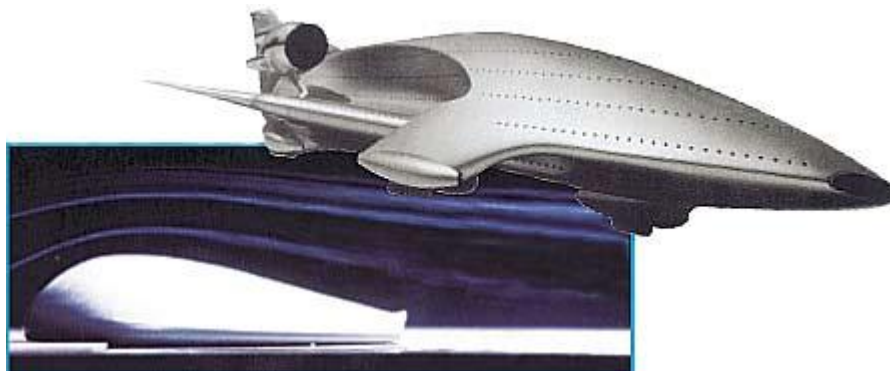


Рисунок 1 – Моделирование динамики обдува купола в зимнее время

Форма оболочки стадиона моделирует самолет, «летающий» по направлению к господствующему ветру (рис. 1). Спортивный комплекс с закрытым и открытым полями решен в виде единой аэродинамической системы, предусматривающей эффективную естественную вентиляцию наружным воздухом со стороны низко расположенного открытого стадиона. Удаление воздуха организовано в верхней части закрытого поля. Использование эффективной естественной вентиляции позволило снизить затраты на кондиционирование воздуха.

2.1. Здания оптимальной формы архитектурного объёма

На основе исследований с учетом применяемых в мировой проектной практике энергосберегающих архитектурно-строительных и энергоэффективных инженерно-технических решений институт совместно с РААСН, ЦНИЭП жилища, ПИ-2 на уровне концептуальных предложений разработал типы энергоэффективных зданий.

Эти здания представляют собой систему одно- и многоэтажных зданий центрικής композиции. Их преимущество заключается в оптимальной форме архитектурного объёма –

геометрической фигуре, обеспечивающей минимальную площадь наружного ограждения. Новые типы зданий можно разбить на следующие группы:

Многоуровневые здания для размещения высокоавтоматизированных производств. Планировочное решение по типу «вертикальная спираль» обеспечивает мобильность внутреннего пространства, не ограниченного перекрытием, с центральным расположением инженерных служб. Конструктивная система – каркасная с включением ядер жесткости из монолитного железобетона. Эти компактные здания можно использовать и как многофункциональные, например, в качестве технического отеля для малых предприятий городской инфраструктуры (рис. 2).

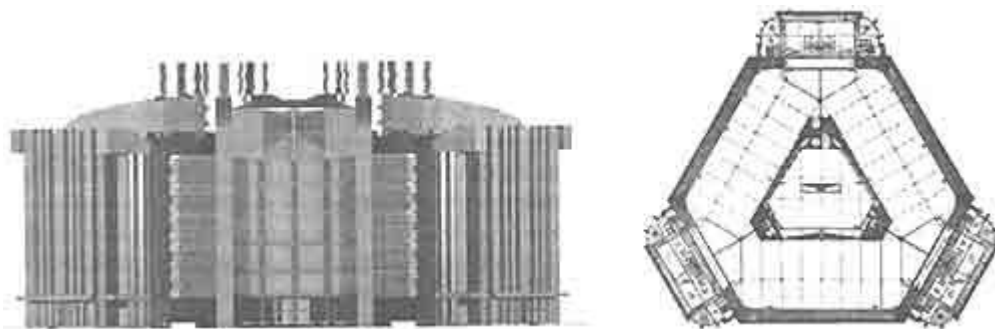


Рисунок 2 – «Вертикальная спираль»

Многоэтажные здания для фармацевтической промышленности готовых лекарственных форм с центральным расположением инженерно-технических служб и выносом из объема здания складов готовой продукции. Объемное решение здания – треугольная призма с закругленными углами, стоящая на трех мощных опорах, переходящих над покрытием в цилиндрические объемы складов. Покрытие – пологая сферическая панель-оболочка, окаймленная по контуру жестким кольцом, достаточно прочным как в окружном, так и в радиальном направлениях, для защиты от больших нагрузок снега и обледенения. Конструктивная схема устойчива и предусматривает вертикальное развитие здания.

Представленные в данных группах здания имеют следующие энергосберегающие решения: минимальную площадь наружного ограждения; центральное расположение систем инженерного обеспечения; теплозащитные зоны, по периметру здания отделяющие производство от наружного светопрозрачного ограждения.

Многоэтажные здания с блок-комплектами помещений заводской готовности для временного проживания в случаях техногенных катастроф и последствий терактов. Компактные здания запроектированы в форме цилиндра со ствольной-консольной конструктивной системой из монолитного железобетона с блок-комплектами жилых помещений заводской готовности. Их можно возводить в условиях стесненной городской застройки (рис. 3).



Рисунок 3 – Здание с блок-комплектами

Устойчивость конструкции здания обеспечена тяжелым фундаментом шаровидной формы и не зависит от плотности грунта. Конструкция рассчитана с учетом возможности здания восстанавливать вертикальное положение, что важно при монтаже и демонтаже блок-комплектов помещений (не требуется соблюдения симметрии в их расположении относительно центральной оси) и при строительстве в сейсмических районах.

К энергосберегающим решениям следует отнести: минимальную площадь ограждающих конструкций благодаря оптимальной форме здания и "глубинной" планировке помещений, не нуждающихся в естественном освещении; использование быстромонтируемых конструктивных и инженерно-технических систем; эффективную теплозащиту ограждающих конструкций блок-комплектов; гибкость при замене комплектов заводской готовности.

Одноэтажные полузаглубленные здания в форме линзы со светопрозрачным покрытием (пологая оболочка) для размещения спортивных сооружений и учебных аудиторий. Днище линзы выполнено из монолитного железобетона. В качестве светопропускающего заполнения оболочки применяют панели из ячеистого поликарбоната с повышенными теплоизоляционными

характеристиками, уложенные по несущей металлической решетке. Здания гармонируют с окружающей средой.

Основное энергосберегающее решение таких зданий – использование тепла земли. Кроме того, им присущи минимальная площадь ограждающих конструкций и высокие теплозащитные и солнцезащитные характеристики светопрозрачного покрытия.

2.2. Учет направленного воздействия наружного климата на здание

Оптимальный вариант архитектурной формы, ориентации и размеров здания может быть найден после решения следующей задачи: среди всех зданий заданного объема или заданной общей площади выбрать здание с такой архитектурной формой, размерами и ориентацией, что расход энергии на его отопление в холодный период и (или) на охлаждение в теплый период будет минимален при прочих равных условиях (степени остекления, тепло- и солнцезащите и т. д.).

Точное решение этой задачи впервые в мире на практике было получено М.М. Бродач и изложено в работах, приведенных нами в списке литературы. В них даны принципы выбора формы и ориентации здания с учетом теплоэнергетического воздействия наружного климата. Известно, что интенсивность солнечной радиации, скорость и направление ветра, температура наружного воздуха изменяются в весьма широких пределах в зависимости от географического положения, рельефа местности и времени года. Воздействие солнечной радиации и ветра на здание есть теплоэнергетическое воздействие наружного климата. В зависимости от положения и ориентации наружной поверхности здания она подвергается различному теплоэнергетическому воздействию наружного климата. Теплоэнергетическое воздействие наружного климата на поверхность здания может оказывать положительное или отрицательное влияние на его тепловой баланс и, следовательно, теплоэнергетическую нагрузку на систему отопления и кондиционирования воздуха. Например, воздействие солнечной радиации на здание в зимнее время снижает нагрузку на систему отопления. Теплоэнергетическое воздействие наружного климата на тепловой баланс здания можно оптимизировать за счет выбора при проектировании формы и ориентации здания.

Оптимизация теплоэнергетического воздействия наружного климата на тепловой баланс здания может быть проведена для различных характерных расчетных периодов. Этими периодами могут быть, например, наиболее холодная пятидневка, отопительный период, самый жаркий месяц,

период охлаждения, расчетный год. В этом случае оптимальный учет теплоэнергетического воздействия наружного климата в тепловом балансе здания за счет выбора его формы и ориентации для наиболее холодной пятидневки позволит снизить установочную мощность системы отопления; для отопительного периода – снизить затраты энергии на отопление; для самого жаркого месяца – снизить установочную мощность системы кондиционирования воздуха;

– для периода охлаждения – снизить затраты энергии на охлаждение здания; для расчетного года снизить затраты энергии на отопление и охлаждение здания. В общем случае оптимальным образом учесть теплоэнергетическое воздействие наружного климата в тепловом балансе здания можно

– для любого характерного периода времени. Важно отметить следующее: изменение формы, размеров и ориентации здания с целью оптимального учета влияния наружного климата в его тепловом балансе не требует изменения площадей или объема здания – они сохраняются фиксированными.

Проведенные сопоставительные расчеты показали, что для здания, расположенного в Москве, оптимальный учет теплоэнергетического воздействия наружного климата на здание путем изменения его размеров позволяет снизить удельный расход тепловой энергии на отопление на 23%.

Наиболее эффективное в тепловом отношении здание в большинстве случаев не будет реализовано из-за ограничений, вытекающих из конкретной строительной ситуации. Однако можно ввести коэффициент (показатель тепловой эффективности проектного решения), характеризующий отличие принятого к проектированию здания от здания, наиболее эффективного в тепловом отношении.

Показатель тепловой эффективности проектного решения позволяет ответить на вопрос: насколько энергетически удачно запроектировано здание. Если величина показателя тепловой эффективности существенно отличается от единицы, то проектируемое здание нуждается в корректировке в части оптимизации учета теплоэнергетического воздействия наружного климата.

Примером обоснованного выбора архитектурной формы и ориентации здания с учетом направленного воздействия солнечной радиации является новое здание Мэрии Лондона (архитектор сэра Нормана Фостера). Пример выбора архитектурной формы и ориентации здания с учетом направленного воздействия ветра – стадион “Sapporo Dome” в Японии (архитектор Хироши Хара). Необычная форма здания Мэрии Лондона определяется энергетическим воздействием наружного климата на оболочку здания и позволяет наилучшим образом использовать положительное и

максимально нейтрализовать отрицательное воздействие наружного климата на энергетический баланс здания.

Для определения формы, ориентации и размеров здания использовались методы компьютерного моделирования. Были построены математические модели нагрузки на систему климатизации в летний и зимний период с учетом теплопотерь и теплопоступлений через оболочку здания. Учитывалось направленное влияние наружного климата на оболочку здания. Анализ этих моделей позволил определить форму здания, приближенную к оптимальной, при этом в качестве "точки отсчета" было выбрано значение максимально допустимых теплопоступлений от солнечной радиации через единицу площади наружных ограждающих конструкций в летний период. Проведенные расчеты позволили выбрать такие форму, ориентацию и размер здания, площадь и расположение светопрозрачных ограждающих конструкций, которые дали возможность в теплый период года минимизировать воздействие солнечной радиации на оболочку здания и, следовательно, снизить затраты на его охлаждение. Минимизация потребности в охлаждении здания в летний период позволила, в свою очередь, отказаться от традиционной системы кондиционирования воздуха – для холодоснабжения здесь используются грунтовые воды с относительно низкой температурой.

Выбор формы и ориентации купола стадиона "Sapogo Dome" был обусловлен минимизацией снеговой нагрузки и уменьшением влияния холодных северо-западных ветров. Накопление снега на поверхности купола сведено к минимуму, так как его большая ось ориентирована вдоль господствующего направления ветра, а профиль кровли аэродинамически благоприятен для сдува снега. На западной стороне стадиона размещена группа деревьев, образующая снего- и ветрозащитную полосу. Все въезды в спорткомплекс во избежание снежных заносов выполнены подземными.

Для обеспечения нормального роста травы на футбольном поле требовалось солнечное освещение – не менее четырех часов ежедневно. Традиционно для этого используются раздвижные или убирающиеся покрытия, однако большая снеговая нагрузка не позволяла использовать такое решение. Единственным вариантом оставалось перемещение самого футбольного поля. Естественный футбольный газон размером 120x85 м весит 8300 тонн. Это первая в мире "висячая арена". Она может, "паря" на воздушной подушке, перемещаться со скоростью 4 м/мин при помощи 34 колес. Футбольная арена устанавливается вне стадиона на открытой площадке. Арена может разворачиваться, ориентируясь на солнечное освещение, что позволяет улучшить условия роста травы на газоне.

2.3. Использование энергии окружающей среды для теплоснабжения зданий

Для тепло- и электроснабжения зданий высоких технологий используется энергия окружающей среды. При этом уменьшаются затраты на энергоснабжение здания, а также уменьшается вредное воздействие на окружающую среду. Новые "нетрадиционные" или "возобновляемые" источники энергоснабжения зданий высоких технологий – это, например, теплонасосные системы использования низкопотенциального тепла земли, топливные элементы, фотоэлектрические панели (солнечные батареи), солнечные коллекторы.

Для получения электрической энергии в высотном здании "Conde Nast Building – Four Times Square" (Нью-Йорк, архитекторы Роберт Фоке и Брюс Фул) используются, помимо городской энергосистемы, топливные элементы и фотоэлектрические панели. Топливный элемент (электрохимический генератор) – устройство, вырабатывающее электроэнергию из водорода и кислорода в процессе электрохимической реакции (без процесса горения), поэтому топливные элементы оказывают минимальное вредное воздействие на окружающую среду. В отличие от обычных батарей топливные элементы не аккумулируют электрическую энергию, а преобразуют в электрическую энергию часть энергии топлива, поступающего от внешнего источника. В процессе работы химический состав топливного элемента не изменяется, то есть топливный элемент не нуждается в перезарядке. Для производства электрической энергии может использоваться не только чистый водород, но и другое водородосодержащее сырье, например природный газ, аммиак, метанол или бензин. В качестве источника кислорода используется обычный воздух.

В здании "Conde Nast Building – Four Times Square" установлены два топливных элемента, мощность каждого из них – 200 кВт. В качестве источника водорода используется природный газ. Топливные элементы расположены на четвертом этаже здания. В ночное время они обеспечивают 100% потребности здания в электрической энергии, а в дневное время – 5%. Годовая производительность этих установок составляет 3 млн. кВт/ч. Образующаяся в результате реакции вода с температурой около 60°C используется для горячего водоснабжения, а также для отопления в зимнее время.

Фотоэлектрические панели (солнечные батареи) позволяют преобразовывать энергию Солнца в электроэнергию. Встроенные в здание "Conde Nast Building – Four Times Square", они снижают потребление энергии от городской электросети. Их пиковая мощность достигает 15 кВт. Они

расположены на верхних 19 этажах с южной и восточной сторон. Тонкопленочные фотоэлектрические элементы были наклеены на листы закаленного стекла и интегрированы в фасад между рядами окон в виде полос шириной 150 см. В западный фасад другого высотного здания – жилого здания “Twenty River Terrace” (Нью-Йорк, архитектурное бюро “Cesar Pelli&Associates”) – также интегрированы фотоэлектрические панели. Общая площадь панелей составляет 316 м². Электрическая энергия, вырабатываемая в них в течение года, позволяет покрыть до 5% общей энергетической нагрузки здания. Поскольку для климатических условий Нью-Йорка основные затраты энергии на климатизацию связаны с кондиционированием воздуха в летний период в дневное время, а в летнее время в фотоэлектрических панелях вырабатывается больше электроэнергии за счет интенсивности солнечной радиации, использование энергии Солнца позволяет значительно уменьшить пиковый расход электрической энергии из городской электросети.

Система тепло- и энергоснабжения экспериментального жилого района VIIKKI, расположенного в пригороде Хельсинки, помимо подключения к городским сетям централизованного тепло- и электроснабжения включает в себя крупнейшую в Финляндии установку по использованию солнечной энергии. Система солнечного теплоснабжения состоит из восьми установленных на зданиях коллекторов общей площадью 1248 м², которые обеспечивают централизованное теплоснабжение и в некоторых случаях производят обогрев помещений при помощи подогрева пола. В этом жилом районе демонстрируются новые солнечные комбинированные системы, системы пассивного использования солнечной радиации с параллельным использованием солнечного обогрева и централизованного теплоснабжения; в солнечных коллекторах используются модули большой площади (с размером блока коллектора 10 м²). Коллекторы встроены в конструкцию крыши и установлены под углом 47–60°.

В московском микрорайоне Никулино-2 впервые была построена теплонасосная система горячего водоснабжения многоэтажного жилого дома. Этот проект реализовали в 1998–2002 годах Министерство обороны РФ совместно с Правительством Москвы, Минпромнауки России, НП “АВОК” и ОАО “ИНСОЛАР-ИНВЕСТ” в рамках “Долгосрочной программы энергосбережения в г. Москве”. В качестве низкопотенциального источника тепловой энергии для испарителей тепловых насосов используется тепло грунта поверхностных слоев Земли и тепло удаляемого вентиляционного воздуха. Установка для подготовки горячего водоснабжения расположена в подвале и включает в себя следующие элементы: парокомпрессионные теплонасосные установки (ТНУ); баки-аккумуляторы горячей воды; системы сбора низкопотенциальной тепловой энергии грунта и низкопотенциального

тепла удаляемого вентиляционного воздуха; циркуляционные насосы, контрольно-измерительная аппаратура.

Основным теплообменным элементом системы сбора низкопотенциального тепла грунта являются вертикальные грунтовые теплообменники коаксиального типа, расположенные снаружи по периметру здания. Эти теплообменники представляют собой 8 скважин глубиной от 32 до 35 м каждая, устроенных вблизи дома. Поскольку режим работы тепловых насосов, использующих тепло земли и тепло удаляемого воздуха, постоянный, а потребление горячей воды переменное, система горячего водоснабжения оборудована баками-аккумуляторами.

Одним из источников энергии в высотном здании "MAIN TOWER" (Германия, Франкфурт-на-Майне, архитектурная студия "Schweger und Partner") также является низкопотенциальное тепло земли. В качестве вертикальных грунтовых теплообменников используются сваи фундамента здания "MAIN TOWER", в которых проложена сеть трубок с циркулирующим теплоносителем (вода). Всего для опоры здания используется 12 свай диаметром от 1,5 до 1,8 м, достигающих глубины 50 м. Общая длина трубок, по которым циркулирует теплоноситель, составляет более 80 км. Посредством теплонасосной установки низкопотенциальное тепло земли используется в системе климатизации. Мощность тепло-насосной установки составляет 500 кВт.

2.4. Этапы разработки энергоэффективного здания.

1. Создание базовой модели здания для количественной оценки энергопотребления и соответствующих затрат. Базовая модель является нейтральной по отношению к солнечному облучению (одинаковое остекление по всем фасадам) и соответствует требованиям по энергозатратам Стандартов 90.1 и 90.2 ASHRAE.

2. Выполнение параметрического анализа теплового режима базового здания по всем составляющим тепловой нагрузки. Последовательное уменьшение в базовом варианте трансмиссионного теплообмена через ограждающие конструкции, теплопоступлений от искусственного освещения и солнечной радиации, расхода электроэнергии на привод оборудования.

3. Предварительный этап проектирования. Обсуждение участниками работы различных технических решений по снижению нагрузок на системы обогрева и охлаждения, эффективному использованию солнечного облучения.

4. Включение энергоэкономичных технических решений в математическую модель здания. Влияние изменяемых параметров на общие затраты энергии, в т. ч. в стоимостном выражении, определяется путем сравнения вариантов друг с другом и с базовой моделью. Наиболее предпочтительные решения включаются в проект.

5. Разработка предварительного варианта строительных чертежей здания с учетом технических решений, принятых в п. 4.

Подбор оборудования и компоновка системы ОВК, обеспечивающей заданную тепло- и холодопроизводительность. Предусматривается работа системы с максимальной эффективностью в конкретных условиях наружного климата в здании с заданными теплотехническими характеристиками ограждающих конструкций. При этом типоразмеры оборудования ОВК часто оказываются меньше, чем в базовом варианте.

6. Разработка окончательного варианта чертежей и спецификаций, проверка полноты и корректности технической документации. Окончательный вариант проекта включает все наиболее эффективные технические решения. Рассмотренная методика проектирования позволяет в ряде случаев обеспечить экономию энергоресурсов более 50% по сравнению с базовым вариантом.

7. Все изменения, вносимые в проект в период строительства, предварительно анализируются с использованием компьютерной модели. При этом не допускается снижение энергетической эффективности здания и системы ОВК.

8. Сдача в эксплуатацию и проверка оборудования. Обучение эксплуатационного персонала здания. Без тщательного контроля на стадии приемки инженерные системы здания не всегда могут обеспечить высокую эффективность. Понимание обслуживающим персоналом своих задач также играет немаловажную роль в этом процессе.

3. Экологический дом

Современные многоэтажные дома, в которых мы живем в настоящее время, имеют развитую инженерную инфраструктуру, обеспечивают хорошие бытовые условия, соответствуют всем гигиеническим и санитарным нормам и требованиям, но не способствуют здоровому образу жизни. Ученые установили, что проживание в подобных домах способствует появлению многочисленных заболеваний (аллергии, депрессии и т.д.), ухудшению состояния здоровья из-за оторванности от природы, отсутствия физического труда, общего ухудшения экологических условий.

В 70-е годы в период энергетического кризиса возникает теория Экодома, которая в настоящее время становится популярной во всем мире. Концепции Экодома создавались с целью решения проблем сбережения природных энергоресурсов и были призваны преодолеть отчуждение современного человека от природы. Появилась специальная терминология нового направления – sustainable architecture, ecohome, биоклиматический дизайн, системы «умного дома». Экологический критерий становится определяющим при выборе лауреатов престижных архитектурных премий.

Концепция Экодома становится актуальной особенно в наши дни, когда большой процент среднего класса России начинает возводить дома постоянного проживания на собственных загородных участках. То есть появляются хорошие условия для воплощения этих идей на российской почве (в прямом и переносном смысле).

В идеале Экодом призван соединить достижения урбанизации и природной среды. Жизнь в нем максимально удобна и практически приближена к естественному существованию и в то же время минимально тревожит окружающую природу. Человек – гармоничная и естественная часть биосферы.

3.1. Структура экологического дома, основные понятия

Экодомом принято называть индивидуальный дом, построенный на участке земли, являющийся ресурсосберегающим, малоотходным, здоровым и благоустроенным, неагрессивным по отношению к природной среде. Это достигается благодаря рациональной строительной

конструкции дома и применению автономных или небольших коллективных инженерных систем жизнеобеспечения. Основные черты экодома:

- Природное окружение. Дом «правильно» вписан в окружающий ландшафт, то есть учитывает природные явления (восход, закат солнца и т.д.). Использование элементов «флоры» и «фауны» в интерьере.
- Энергоэффективность. Использование энергосберегающих бытовых приборов и инженерных систем.
- Минимальные энергопотери. Применение новых строительных технологий, улучшенная теплоизоляция. Улучшение системы вентиляции, на которой обычно теряется 1/3 тепла. Улучшение качества перекрытий, применение конструкций окон с большим сопротивлением теплопередачи.
- Использование сложных инженерных систем с единой системой управления. В идеале – инженерные системы должны опираться на природную инфраструктуру (солнце, ветер). Применение современной высокотехнологичной продукции, а также продукции, использующей природные элементы – солнечные батареи, тепловые насосы и т.д.
- Пониженный уровень безопасности воздействия приборов, инженерных сетей на обитателей дома. Например, пониженный уровень «электросмога», пониженное воздействие электрических и магнитных полей, источниками которых может служить неправильная проводка, применение электрических приборов несоответствующих стандартам и нормам.
- Развитая система управления домом. Специфика этих систем будет проявляться в том, что приоритет при их конструировании и выборе программ управления будет отдаваться задачам достижения высокой гигиеничности, энерго- и ресурсосбережения.
- Защита от ненужных информационных потоков, навязываемых современным технократическим обществом (реклама, спам, ограничение и фильтрация входящего трафика).
- Применение новой концепции отопления, ведущую роль в которой играет система терморегулирования. Использование «бесплатных» источников тепла (солнечное тепло, тепло бытовых приборов и т.д.).
- Экологический стиль элементов интерьера и бытовых приборов. То есть продукция, изготовленная без использования интоксикационных веществ. Возможность последующей переработки материалов (recycling).

3.2. Энергоснабжение экодомов

Для снабжения энергией экодомов естественно использование энергии возобновляемых источников (ВИЭ). Было бы неверным утверждать что ВИЭ экологически безупречны, но экологический ущерб от них несравненно меньше чем от традиционной энергетики.

Первичной энергией для жизни на земле за небольшим исключением является солнечная. Она как показывают расчеты, в большинстве районов Земли может быть и основным источником энергии для экоддома. Идея "солнечного дома" имеет солидный возраст, а если обратиться к традиционным верованиям, имеет еще и мистическое обоснование. Она составной частью входит в концепцию экологического жилища.

В центральной Европе годовой приход солнечной радиации составляет 1.1 мвт*час/м², в районах Сахары – 2.3 мвт*час/м². В России приход солнечной энергии на горизонтальную поверхность колеблется от 0.7 мвт*час/м²*год на севере до 1.5 мвт*час/м²*год на юге.

Город	мвт.час/м ² .год	Город	мвт.час/м ² .год
Архангельск	0.85	Омск	1.26
Петердурз	0.93	Новосибирск	1.14
Москва	1.01	Ростов на Дону	1.29
Екатериндурз	1.1	Астрахань	1.38

Таблица №1 – Среднегодовой приход солнечной энергии на горизонтальную площадку

Элементарный расчет показывает что в средней полосе России двухэтажный коттедж занимающий в плане 100 м² за год получает от солнца более 160 мегаватт*час энергии, что превышает всю его годовую потребность даже при нынешнем расточительном потреблении энергии.

Тепловые солнечные коллекторы превращают энергию солнечного излучения непосредственно в тепло. Достоинством тепловых солнечных преобразователей является высокий КПД. У современных коллекторов он достигает 45 – 60%. Эффективность термальных гелиоприемников повышается если они снабжены теми или иными концентрирующими излучение зеркальными поверхностями. Весьма перспективными для экоддомов обещают стать плоские солнечные элементы с линейными концентраторами излучения – фоконы. Однако потребности в

низкотемпературном тепле летом в доме невелики, поскольку в связи с трудностью его длительного хранения, до зимы, когда оно главным образом нужно, его сохранить сложно. Этим объясняется относительно ограниченное их использование в энергоэффективных домах.

В зависимости от этого тепловые коллекторы разделяются на плоские и концентраторные. Плоские коллекторы наиболее просты и дешевы, однако дают лишь низкотемпературное тепло, сфера применения которого в домовом энергохозяйстве ограничена. Концентраторные коллекторы более эффективны, но достаточно сложны в т.ч. в эксплуатации, и дороги из-за необходимости поворотных систем слежения за солнцем. Поэтому их использование в автономной энергосистеме жилищ пока проблематично.

Промежуточное положение занимают появившиеся сравнительно недавно фоконы – плоские солнечные элементы составленные из полос линейных концентраторов лучистой энергии. Концентраторы в сечении имеют V – образную форму (плоскую или параболическую, последняя дороже, но эффективнее) которые в широком диапазоне углов нахождения солнца концентрируют всю или большую часть излучения в своей сужающейся части где располагаются теплоъемные трубки. Фоконы совмещают в себе преимущества плоских и концентраторных коллекторов – они не требуют строгой ориентации на солнце и в тоже время позволяют получить более высокую температуру теплоносителя, что увеличивает их эффективность.

В последнее время стали популярны стены с прозрачной теплоизоляцией которые хорошо улавливают солнечное тепло и передают его внутрь зданий. Они представляют интерес для домов переходного типа, для экологических домов эффективнее использовать все же солнечные батареи. Фотозлектрические преобразователи солнечной энергии

Электроэнергия относится к качественным видам энергии поскольку может легко преобразовываться и успешно сохраняться, поэтому потребность в ней экодума достаточно велика. Вот почему экспериментальные дома имеют несмотря на низкий по сравнению с тепловыми батареями КПД большие площади покрытые фотозлектрическими солнечными приемниками.

Общим недостатком солнечных приемников энергии является нерегулярность поступления энергии и несоответствие этих поступлений с графиком основных потребностей жилища в энергии, в связи с чем они могут успешно применяться только в сочетании с теми или иными энергоаккумуляторами.

При отсутствии затеняющих сооружений вся площадь восточных южных и западных фасадов дома, за исключением окон, может быть занята солнечными коллекторами. В первую очередь это относится как к наименее затеняемым поверхностям крыш, в связи с чем уже появился термин

«энергетическая крыша». Сейчас все больше появляется в продаже солнечных батарей выполненных как кровельные элементы.

Еще в древней Греции незатеняемость дома и прилегающего участка гарантировалась законодательно. В связи с развитием малой солнечной энергетики аналогичное право должно быть введено и в современных поселениях.

При плотной городской застройке может возникнуть проблема взаимного затенения гелиоприемников деревьями, домами или другими сооружениями. На этот случай должны быть приняты нормативные акты и проектировочные правила защищающие определенный сектор солнечного облучения домовладения от затенения высокими деревьями или другими объектами на соседних участках. Опыт законодательного регулирования доступа к солнцу домовладений имелся еще в древней Греции. Расчеты показывают что при достаточно плотном, например шахматном расположении домов, затенение остается в допустимых пределах. Футурологи предсказывают что типичный городской пейзаж близкого будущего будет включать тысячи расположенных на крышах домов накопителей солнечной энергии, которые станут таким же элементом повседневности, как и телевизионные антенны сегодня.

В будущем предстоит создать для районов подверженных стихийным бедствиям солнцеприемные устройства достаточно устойчивые к их воздействию, подобно тому как это уже сделано для ветроустановок мачты или лопасти которых автоматически складываются при опасном ветре.

Ветровая энергия являясь разновидностью солнечной используется человеком с древнейших времен. Особенную ценность ей придает то, что во многих регионах она имеет зимний максимум, компенсируя недостаток прямой солнечной энергии. В некоторых районах ветроресурсы оказываются столь велики что ими можно удовлетворить энергопотребности дома с избытком. Избыточная энергия может использоваться для производственных целей или продаваться во внешнюю сеть. Стоимость ветроэнергии в некоторых случаях уже сейчас оказывается ниже стоимости энергии полученной на тепловых станциях.

Существуют породы быстрорастущих однолетних и многолетних растений которые уже сейчас рентабельно выращивать для топливных нужд. Важно то что при сжигании специально выращенной биомассы в атмосферу не попадает дополнительный углекислый газ, поскольку в процессе роста такое же количество его поглощается. Таким образом суммарное количество двуоксида углерода относящейся к парниковым газам, в атмосфере не увеличивается и тем самым не вносится вклад в глобальное потепление.

Энергия от возобновляемых источников поступает нерегулярно и иногда непредсказуемо, более того от солнечных коллекторов она поступает как правило в противофазе к графику потребности дома в ней. Действительно, энергии больше требуется в течении года зимой и в течении суток в темное время. В связи с этим возникает задача аккумуляирования энергии, последующего преобразования ее и выдачи в нужное время в нужной форме и количестве потребляющим устройствам. Эта задача остается пока технически более сложной чем просто получение энергии и не имеет еще хорошо отработанных решений. Задача заключается в создании достаточно эффективных сезонных (месяцы), среднесрочных (недели), и маневренных (дни, часы) аккумуляторов. Наибольшую важность и трудность представляет создание сезонных аккумуляторов, от которых требуется сохранение энергии в течение нескольких месяцев для обеспечения зимнего пика потребления.

На сегодня наиболее перспективным способом длительного сохранения энергии в доме представляется хранение ее в виде водорода, получаемого гидролизом воды, в металлгидридных аккумуляторах. Преимущества последних заключаются в низкой взрывоопасности и малом объеме. Обратное преобразование водорода в энергию (электрическую и тепловую) возможно с помощью топливных элементов. По ценовым критериям водородный энергетический цикл для дома в ближайшее время обещает стать вполне доступным.

В умеренном климате наиболее целесообразной схемой энергоснабжения дома представляется следующая. Летом избыток тепловой энергии направляется на зарядку сезонных грунтовых аккумуляторов, электрической – на получение водорода. В холодный период, при малом поступлении энергии от ВИЭ можно использовать водород и запасенное в грунте тепло для энергоснабжения дома (электроснабжение, горячее водоснабжение, тепло для системы терморегулирования и т.д.).

Пристроенная к дому с южной стороны теплица может выполнять много полезных функций – служить местом отдыха, игровой площадкой для детей, оранжереей и т.д. Одновременно она является одним из самых дешевых и эффективных солнцезащитных устройств, что делает ее наличие в экодоме желательным.

В настоящее время стоимость электроэнергии вырабатываемой на тепловых станциях использующих ископаемое топливо составляет около 7 центов за киловатт*час. Данные о цене солнечной электроэнергии приводимые различными авторами в настоящее время характеризуются значительным разбросом. По одним данным они лишь незначительно превышают цены ТЭС, по другим – превышают их в несколько раз. Лучше обстоят дела с экономичностью ветроисточников, вырабатываемая ими энергия по стоимости приближается к "тепловой" или даже, по отдельным

сообщениям, спускается ниже. Так, по одному из источников, за восьмидесятые годы цена ветроэлектро-энергии вырабатываемой в США уменьшилась в десять раз и составила 7 центов. Это было достигнуто на морально устаревших установках. В США прогнозируется в связи с внедрением новых ветроустановок снижение стоимости их энергии до 3.5 цента за киловатт час.

В существующих сейчас ценах на энергию от ТЭС и АЭС не учитывается цена наносимого производством энергии экологического ущерба, поэтому прямое сопоставление стоимости энергии возобновляемых и традиционных источников неправомерно. С учетом же экологической компоненты стоимости, солнечная и ветровая энергия экономически выгоднее традиционной уже сейчас и в будущем этот разрыв будет только увеличиваться.

Бытовые приборы и процессы на потребляющие энергию с современной точки зрения непомерно расточительны. В последнее время некоторые производители переходят к выпуску энергоэффективных бытовых приборов. Их энергопотребление при тех же функциях может быть многократно ниже чем у обычных. Так известно, что на освещение в домах тратится 20-35% электроэнергии. В последнее время появились новые экономичные лампы, которые потребляют в 6-7 раз меньше энергии чем привычные лампы накаливания. Аналогичные примеры можно привести по холодильникам, стиральным машинам и т.д.

Экономии энергии в доме можно достичь также усовершенствованием энергозатратных бытовых процессов, таких как стирка или приготовление пищи, использованием автоматического управления бытовыми приборами и т.д.

В действительности, ситуация в нашей стране оставляет желать лучшего. То есть домов, соответствующих мировым эко-стандартам в России практически нет. Прежде всего, это связано не с материальными ресурсами частных владельцев, не с отсутствием профессиональных фирм, способных создать инфраструктуру подобных домов, а с недостатком осведомленности и культуры самих заказчиков. Часто проблемой для заказчика становится построение уютного дома, удобного и пригодного для жилья. О проблеме взаимодействия с природной средой никто даже и не задумывается. И если мы хотим соответствовать «западному» стилю жизни, то недостаточно просто копировать фасады и интерьеры зданий, используя в качестве образца иллюстрации «иностраннных» журналов, необходимо осознание проблемы целиком, чтобы построение удобного, «здорового» экологического дома не казалось нам утопией, а стало реальностью.

4. Энергоэффективные решения, реализованные в здании мэрии в Лондоне

В 2002 году в Лондоне, на берегу Темзы, было закончено строительство необычного здания – нового здания мэрии Большого Лондона. Его создатель, знаменитый английский архитектор сэръ Норман Фостер (Sir Norman Foster), определил концепцию здания как «model of democracy, accessibility and sustainability» – это общественное здание должно было стать образцом открытости, доступности для посетителей и быть «жизнеудерживающим зданием».

В данном случае под термином «жизнеудерживающее здание» понимается энергетическая эффективность и экологичность, т. е. максимально эффективное использование энергии наружного климата, обеспечение наиболее комфортных условий для людей, находящихся в этом здании, и минимизация вредного воздействия на окружающую среду. Ожидаемое снижение затрат энергии на климатизацию этого здания составляет 75 % по сравнению с общественным зданием таких же размеров «традиционной» конструкции. Инновационные решения по энергосбережению разрабатывались известной консалтинговой компанией «Агур» (эта компания участвовала, например, в создании здания «Commerzbank» во Франкфурте-на-Майне).

Новое здание мэрии расположено в пределах Большого Лондона на южном берегу Темзы между мостами «London Bridge» и «Tower Bridge» на участке площадью около 5,5 гектаров. Разработка проекта здания и его строительство заняли 30 месяцев. Здание мэрии начало работу 15 июля 2002 года, а официальная церемония открытия состоялась 23 июля 2002 года. Здание официально открывала королева Великобритании.

4.1. Архитектурно-планировочные решения здания

Здание мэрии («London City Hall», иначе называемое «GLA Building») имеет необычную форму, несколько напоминающую яйцо, причем в своей нижней части диаметр этого гигантского «яйца» меньше, чем в самой широкой средней части. Верхняя часть здания имеет заметный наклон на южную сторону (17 градусов). Эта форма была выбрана, во-первых, по соображениям минимизации теплопотерь через оболочку здания, а во-вторых, для оптимизации энергетического воздействия наружного климата на здание. Подробнее об этом см. ниже.

В здании мэрии располагаются помещения для 25 избранных членов лондонской ассамблеи, офис мэра Лондона, офисы 500 служащих мэрии Большого Лондона, а также зал заседаний, смотровые галереи, публичная библиотека, залы собраний, помещения для проведения выставок и приемов, рестораны. Общая площадь помещений составляет 18000 м².

В здании предусмотрена свободная планировка. При помощи прозрачных или непрозрачных перегородок можно разделить внутреннее пространство на требуемое число офисных помещений любой формы и конфигурации либо сохранить открытое пространство.

Амфитеатр, расположенный рядом со зданием, в ночное время освещается единственным источником, смонтированным на мачте освещения на южной стороне амфитеатра. Свет отражается от ряда зеркал, смонтированных на вершине мачты, обеспечивая равномерную освещенность прилегающего пространства и снижая яркость освещения. Такое решение продиктовано требованиями к безопасности, поскольку этот участок открыт для прогулок и в ночное время.

От выставочного зала по спирали поднимается наклонная плоскость (рампа) общей длиной 500 м, проходящая сквозь все десять этажей здания. Рампа проходит над залом заседаний и поднимается вверх мимо офисов служащих мэрии Большого Лондона; посетители могут свободно наблюдать за работой мэрии или за окружающим городским пейзажем. Рампа оканчивается в так называемой «Лондонской гостиной» («London's Living Room») – помещении с естественным освещением на верхнем этаже мэрии, которое используется для проведения различных выставок или приемов и может вместить до 200 гостей. Вокруг «Лондонской гостиной» расположена открытая наружная терраса.

Зал заседаний мэрии также открыт для посетителей. Он может использоваться для различных целей. Для прессы и гостей предусмотрено 250 мест, однако допускаются различные варианты перепланировки в зависимости от текущего использования. Приняты специальные меры для удобства посетителей в инвалидных колясках. На уровне зала заседаний расположена смотровая галерея, с которой гостям мэрии открывается замечательный вид на Темзу и Тауэр.

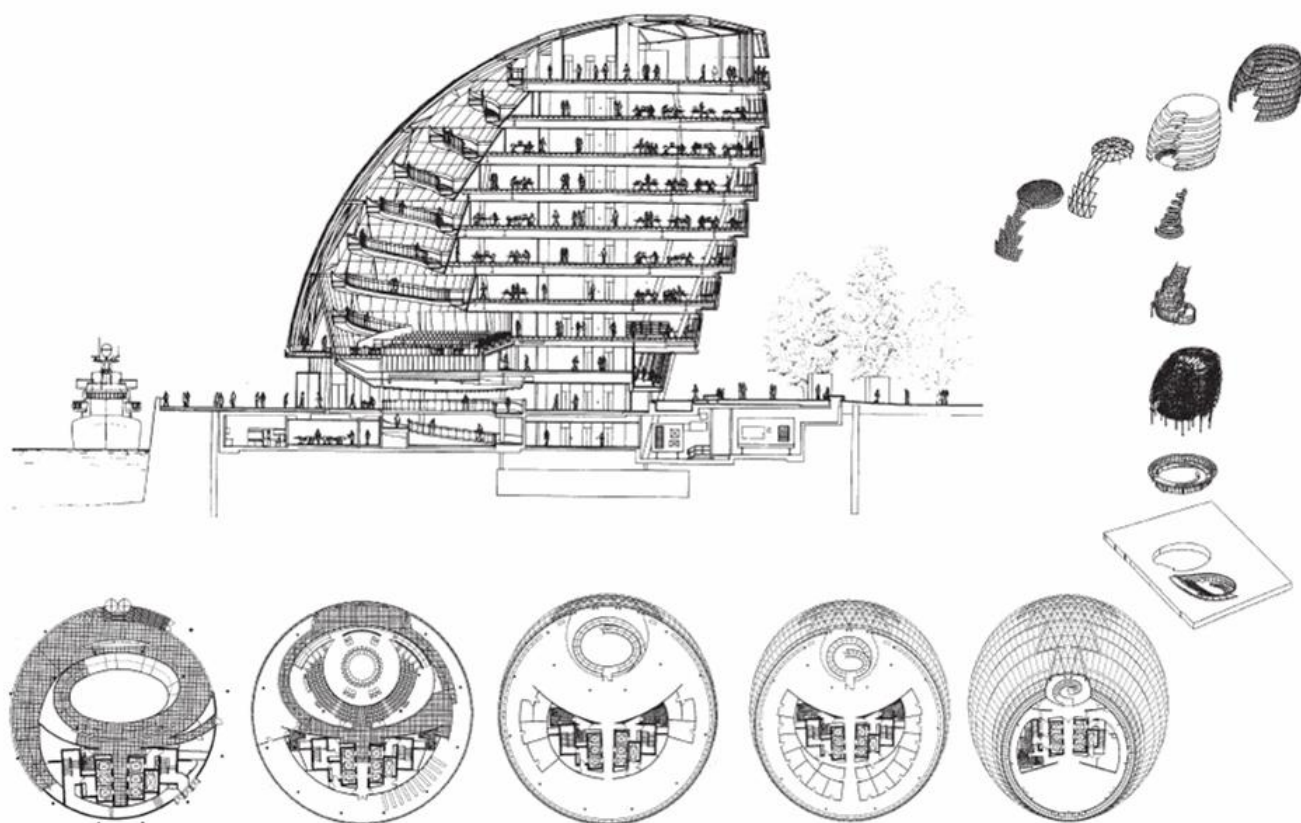


Рисунок 4 – Схема здания мэрии.

4.2. Форма, размеры и ориентация здания

Наиболее интересной особенностью этого здания является его необычная форма, определяемая энергетическим воздействием наружного климата на оболочку здания, которая позволяет наилучшим образом использовать положительное и максимально нейтрализовать отрицательное воздействие наружного климата на энергетический баланс здания.

Решение о строительстве здания мэрии как энергоэффективного здания было принято на ранней стадии проектирования. Это позволило запроектировать данное здание как единую энергетическую систему. Строительство «обычного» здания и использование в нем энергосберегающих приборов и устройств, по мнению создателей нового здания мэрии, приводит к снижению энергетической эффективности проекта. Такая стратегия проектирования потребовала тщательного выбора фундаментальных характеристик здания, таких как его форма и ориентация относительно сторон света. Только после оптимизации этих характеристик с целью минимизации отрицательного воздействия наружного климата и максимального использования положительного воздействия на тепловой баланс здания были выбраны энергосберегающие инженерные решения, например, утилизация тепла или использование грунтовых вод с относительно низкой температурой для охлаждения здания.

Научные основы проектирования энергоэффективных зданий и, в частности, системный анализ здания как единой энергетической системы были разработаны в нашей стране 20 лет назад Ю. А. Табунчиковым. Методология проектирования энергоэффективных зданий должна основываться на системном анализе здания как единой энергетической системы, все элементы которой – форма, ориентация, ограждающие конструкции, солнцезащитные устройства, система климатизации и др. – энергетически взаимосвязаны между собой. Представление энергоэффективного здания как суммы независимых инновационных решений нарушает принципы системности и приводит к потере энергетической эффективности проекта.

Для определения формы, ориентации и размеров здания использовались методы компьютерного моделирования. Были построены математические модели нагрузки на систему климатизации в летний и зимний период с учетом теплопотерь и теплопоступлений через оболочку здания. Учитывалось направленное влияние наружного климата на оболочку здания. Анализ этих моделей позволил определить форму здания, приближенную к оптимальной, при этом в

качестве «точки отсчета» было выбрано значение максимально допустимых теплопоступлений от солнечной радиации через единицу площади наружных ограждающих конструкций в летний период.

Проведенные расчеты позволили выбрать такую форму, ориентацию и размер здания, площадь и расположение светопрозрачных ограждающих конструкций, которые дали возможность в теплый период года минимизировать воздействие солнечной радиации на оболочку здания и, следовательно, снизить затраты на его охлаждение. Минимизация потребности в охлаждении здания в летний период позволила, в свою очередь, отказаться от традиционной системы кондиционирования воздуха – для холодоснабжения здесь используются грунтовые воды с относительно низкой температурой.

Следует отметить, что задача оптимизации формы и размеров здания с учетом теплоэнергетического воздействия наружного климата была впервые решена М. М. Бродач и изложена в её работах. В этих работах даны следующие принципы выбора формы и ориентации здания с учетом теплоэнергетического воздействия наружного климата. Известно, что интенсивность солнечной радиации, скорость и направление ветра, температура наружного воздуха изменяются в весьма широких пределах в зависимости от географического положения, рельефа местности и времени года. Воздействие солнечной радиации и ветра на здание есть теплоэнергетическое воздействие наружного климата. В зависимости от положения и ориентации наружной поверхности здания она подвергается различному теплоэнергетическому воздействию наружного климата. Теплоэнергетическое воздействие наружного климата на поверхность здания может оказывать положительное или отрицательное влияние на его тепловой баланс и, следовательно, теплоэнергетическую нагрузку на систему отопления и кондиционирования воздуха. Например, воздействие солнечной радиации на здание в зимнее время снижает нагрузку на систему отопления. Теплоэнергетическое воздействие наружного климата на тепловой баланс здания можно оптимизировать за счет выбора при проектировании формы и ориентации здания.

Оптимизация теплоэнергетического воздействия наружного климата на тепловой баланс здания может быть проведена для различных характерных расчетных периодов. Этими периодами могут быть, например, наиболее холодная пятидневка, отопительный период, самый жаркий месяц, период охлаждения, расчетный год. В этом случае оптимальный учет теплоэнергетического воздействия наружного климата в тепловом балансе здания за счет выбора его формы и ориентации для наиболее холодной пятидневки позволит снизить установочную мощность системы отопления; для отопительного периода – снизить затраты энергии на отопление; для самого жаркого месяца – снизить установочную мощность системы кондиционирования воздуха; для периода охлаждения – снизить затраты энергии на охлаждение здания; для расчетного года –

снизить затраты энергии на отопление и охлаждение здания. В общем случае оптимальным образом учесть теплоэнергетическое воздействие наружного климата в тепловом балансе здания можно для любого характерного периода времени. Важно отметить следующее: изменение формы, размеров и ориентации здания с целью оптимального учета влияния наружного климата в его тепловом балансе не требует изменения площадей или объема здания – они сохраняются фиксированными.

В результате расчетов была выбрана форма здания, несколько напоминающая яйцо. Диаметр здания максимален в средней его части. Здание имеет 17-градусный наклон в южную сторону, причем перекрытие каждого этажа образует своеобразный ступенчатый «козырек», выступающий наружу и исполняющий роль солнцезащитного элемента офисных помещений, расположенных этажом ниже. Форма здания представляет собой модифицированную сферу, заключающую в себе максимальный объем при минимальной площади поверхности. Площадь поверхности наружных ограждающих конструкций данного здания на 25 % меньше, чем у здания кубической формы того же объема. Минимизация площади поверхности наружных ограждающих конструкций позволяет уменьшить через них теплопоступления в летний период и теплопотери в зимний период. Однако главная причина выбора такой необычной формы здания – максимальное уменьшение теплопоступлений с солнечной радиацией в летнее время.

4.3. Теплозащита и естественное освещение

Большая площадь светопрозрачных наружных ограждающих конструкций позволяет использовать в помещениях здания преимущества естественного освещения – создание комфортной среды обитания людей и снижение затрат электрической энергии на искусственное освещение. Наклон здания на южную сторону и использование элементов фасада в качестве солнцезащитных устройств позволяет минимизировать теплопоступления от солнечной радиации в летнее время и минимизирует воздействие прямого солнечного освещения, которое может вызвать дискомфорт. Кроме этого, в качестве солнцезащитных элементов использованы шторы-жалюзи, расположенные внутри двойного фасада здания.

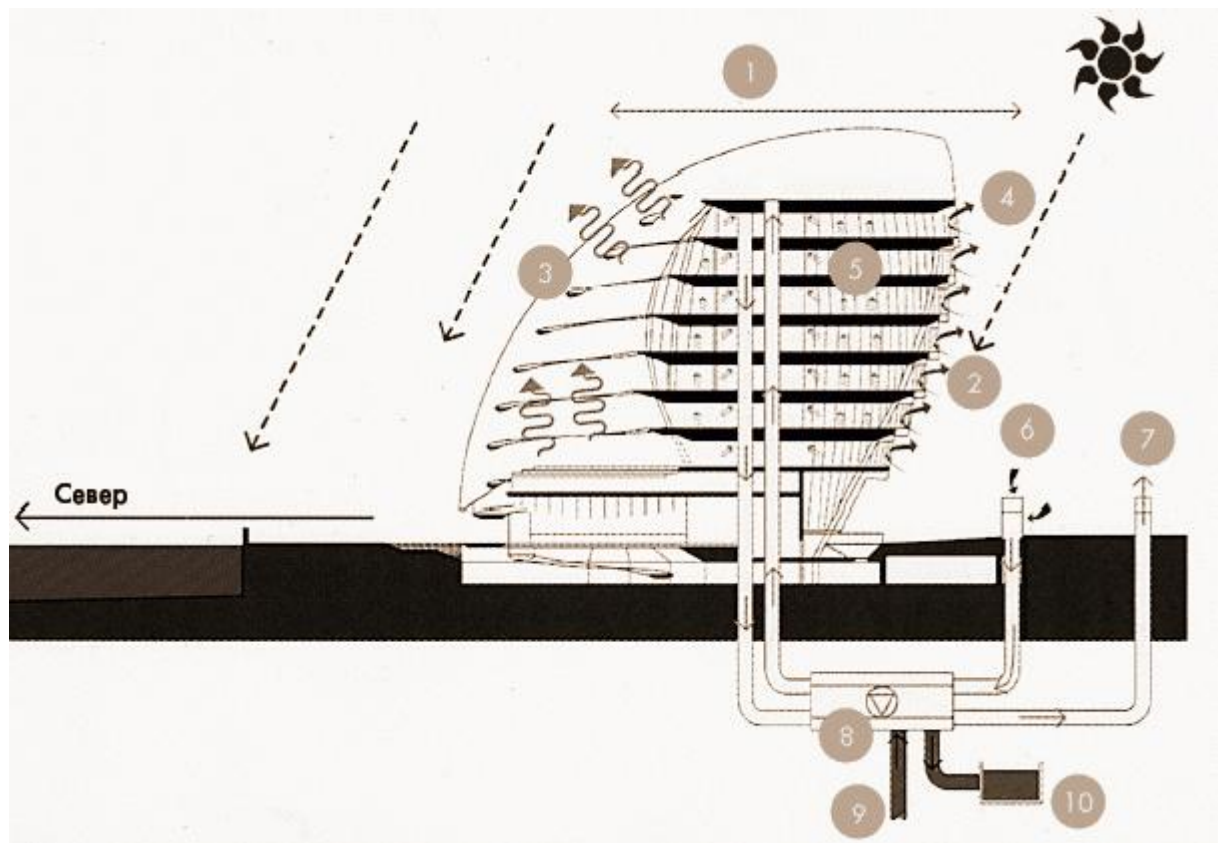


Рисунок 5 – Схема здания мэрии с указанием основных энергоэффективных мероприятий:

1 – минимальная площадь поверхности, на которую воздействует солнечная радиация; 2 – использование элементов наружных ограждающих конструкций в качестве солнцезащитных устройств; 3 – большая площадь остекления с северной стороны, не подверженной воздействию прямой солнечной радиации; 4 – возможность естественного проветривания офисных помещений через открываемые окна; 5 – охлаждение воздуха в помещениях посредством охлаждающих потолков; 6 – наружный воздух; 7 – удаляемый воздух; 8 – центральная установка механической приточно-вытяжной вентиляции с утилизацией тепла; 9 – скважина низкотемпературных грунтовых вод; 10 – сборный резервуар

С северной стороны светопрозрачные ограждающие конструкции также занимают значительную площадь, что позволяет в помещениях, расположенных с северной стороны (например, в зале заседаний), также использовать преимущественно естественное освещение. В зимний период снижение теплопотерь обеспечивается выбором высокоэффективной теплоизоляции и использованием светопрозрачных ограждающих конструкций с повышенными теплозащитными характеристиками. Теплопотери данного здания существенно ниже значений, требуемых британскими строительными нормами. Сопротивление теплопередаче светопрозрачных элементов наружных ограждающих конструкций составляет $0,83 \text{ м}^2 \times \text{°C} / \text{Вт}$, непрозрачных ограждающих конструкций – $5,0 \text{ м}^2 \times \text{°C} / \text{Вт}$.

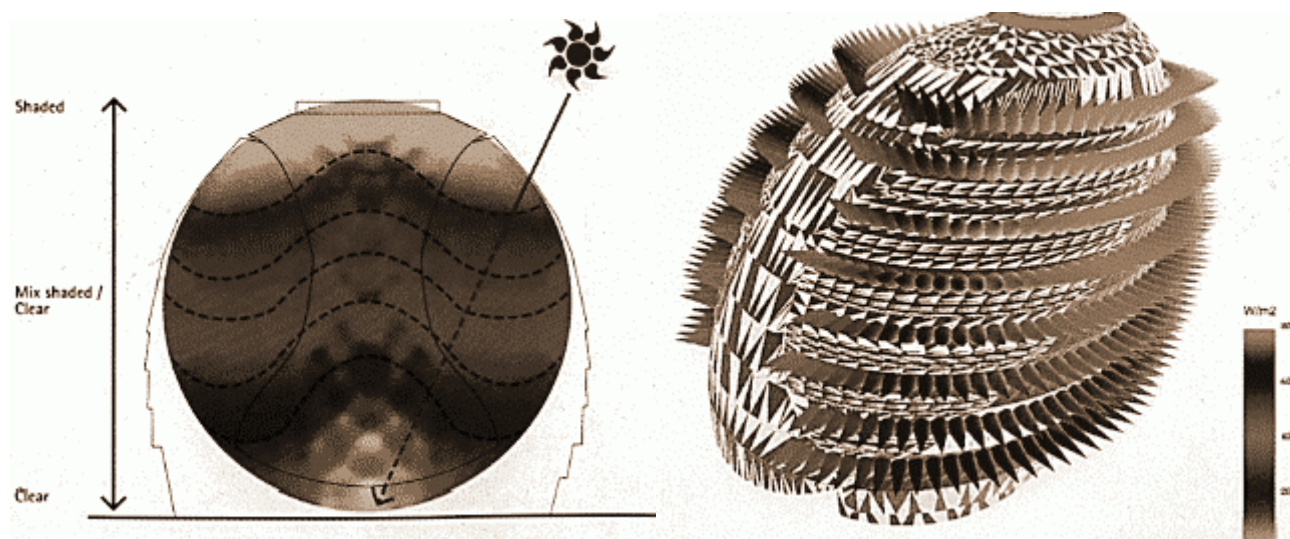


Рисунок 6 – Компьютерное моделирование теплопотерь и теплопоступлений через оболочку здания

Необычная форма фасада и широкое использование светопрозрачных ограждающих конструкций потребовало специального изготовления этих элементов. Каждая из панелей светопрозрачных ограждающих конструкций уникальна по форме при ширине около 1,5 м. При изготовлении путем лазерной обработки панелям была придана соответствующая конфигурация в соответствии с данными, полученными при расчете формы здания. Это гарантировало высокую точность изготовления и обеспечило легкость последующего монтажа конструкций остекленного фасада здания.

Естественное освещение в дневное время используется и в выставочном зале «Visitor Centre». Дневной свет отражается от потолочных структур в форме концентрических эллипсов, выполненных из отполированной до зеркального блеска нержавеющей стали.

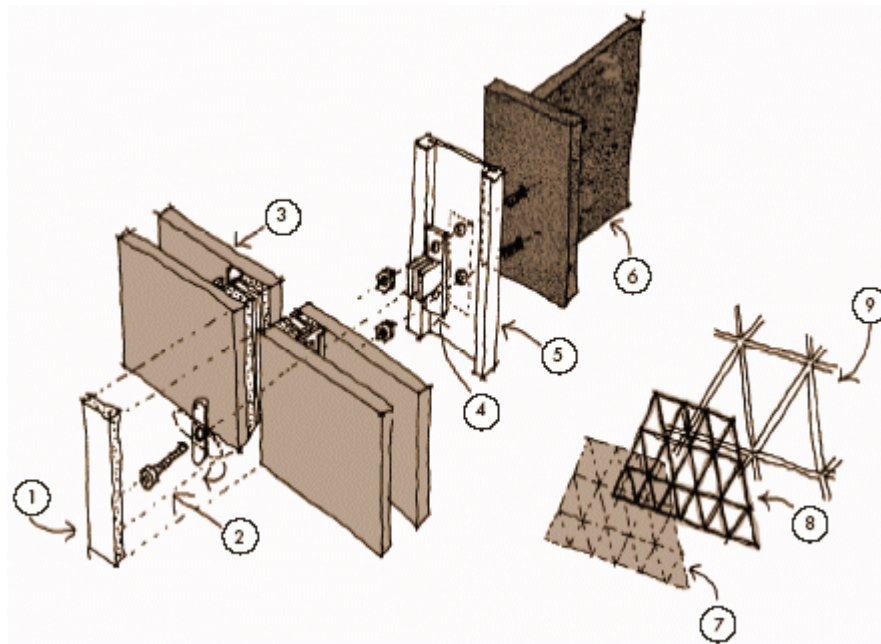


Рисунок 7 – Схема монтажа светопрозрачных конструкций фасада (северная сторона, остекление атриума):

1 – силикон; 2 – поворотный фиксатор; 3 – элемент двойного остекления; 4 – алюминиевый профиль; 5 – уплотнение; 6 – стальная тавровая балка; 7 – остекление; 8 – стальная тавровая балка; 9 – диагональный каркас из стальных труб.

4.4. Система климатизации

В здании мэрии, как и во многих других зданиях, созданных Норманом Фостером, инженерные решения неотделимы от архитектурного облика самого здания и направлены на снижение энергопотребления, экологичность и повышение качества микроклимата в помещениях. Это позволяет создателям здания говорить об «интегрированной» энергосберегающей системе климатизации.

В здании используется комбинация систем естественной и механической вентиляции. Офисные помещения, расположенные по периметру здания, могут проветриваться естественным образом через щелевые вентиляционные отверстия, расположенные под окнами. Естественному проветриванию способствует открытая планировка с большими внутренними объемами помещений. При открывании вентиляционных отверстий в данном помещении системы отопления и механической вентиляции могут отключаться автоматически, что позволяет минимизировать потери энергии.

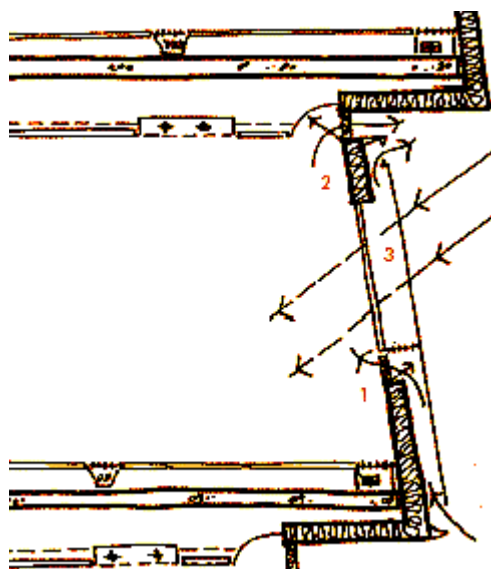


Рисунок 8 – Схема естественной вентиляции помещений:

1 – приток воздуха через щелевое отверстие в нижней части окна; 2 – удаление воздуха через щелевое отверстие в верхней части помещения; 3 – солнцезащитные устройства (шторы-жалюзи)

В здании мэрии использована концепция «двойного вентилируемого фасада», примененная, например, в другом здании, спроектированном Норманом Фостером, – здании «Commerzbank» во Франкфурте-на-Майне. Внутренняя оболочка двойного фасада представляет собой стеклопакет, заполненный инертным газом. Наружная оболочка (первый слой) выполняет роль ветрозащитного экрана и снижает конвективный тепловой поток между поверхностью окна и наружным воздухом. Между этими двумя слоями расположен воздушный промежуток, а также солнцезащитные устройства в виде штор-жалюзи. Внешний слой остекления имеет отверстия в нижней части (ниже вентиляционных щелевых отверстий). При естественном проветривании наружный воздух, прежде чем попасть в здание, проникает в промежуток между слоями, где нагревается под воздействием солнечной радиации. Затем приточный воздух попадает в помещение через щелевое отверстие, расположенное в нижней части окна. Эти щелевые отверстия открываются вручную людьми, находящимися в данном помещении. Удаление воздуха происходит через щелевое отверстие в верхней части помещения. На наружном слое и в воздушном промежутке также происходит первоначальное ослабление солнечной радиации. Дальнейшее резкое уменьшение солнечной радиации происходит посредством солнцезащитных устройств.

Широкое использование двойных фасадов началось в 1990-х годах, особенно часто такие конструкции применяются при строительстве высотных зданий. Следует отметить, что в настоящее время у специалистов к таким фасадам сложилось неоднозначное отношение. Наряду с достоинствами, концепция «двойного фасада» имеет и ряд недостатков, в частности, высокие капитальные и эксплуатационные затраты, связанные с трудностью очистки внутренних поверхностей. Нет единого мнения среди специалистов о влиянии двойных фасадов на теплопотери зданий. В этом номере журнала публикуется статья Карла Гертиса (Karl Gertis), директора Института строительной физики им. Фраунгофера (Германия) «Имеют ли смысл, с точки зрения строительной физики, новые разработки фасадов?», посвященная этим проблемам. Опыт эксплуатации зданий с двойными вентилируемыми фасадами и накопление результатов практических измерений энергопотребления таких зданий поможет выработать единое мнение о целесообразности применения этих конструкций.

При неблагоприятных погодных условиях (в очень жаркую или холодную погоду) щелевые вентиляционные отверстия перекрываются и вентиляция помещений осуществляется посредством механической системы. В холодную погоду воздушный промежуток двойного фасада образует статичную воздушную прослойку, обладающую хорошими теплоизоляционными свойствами.

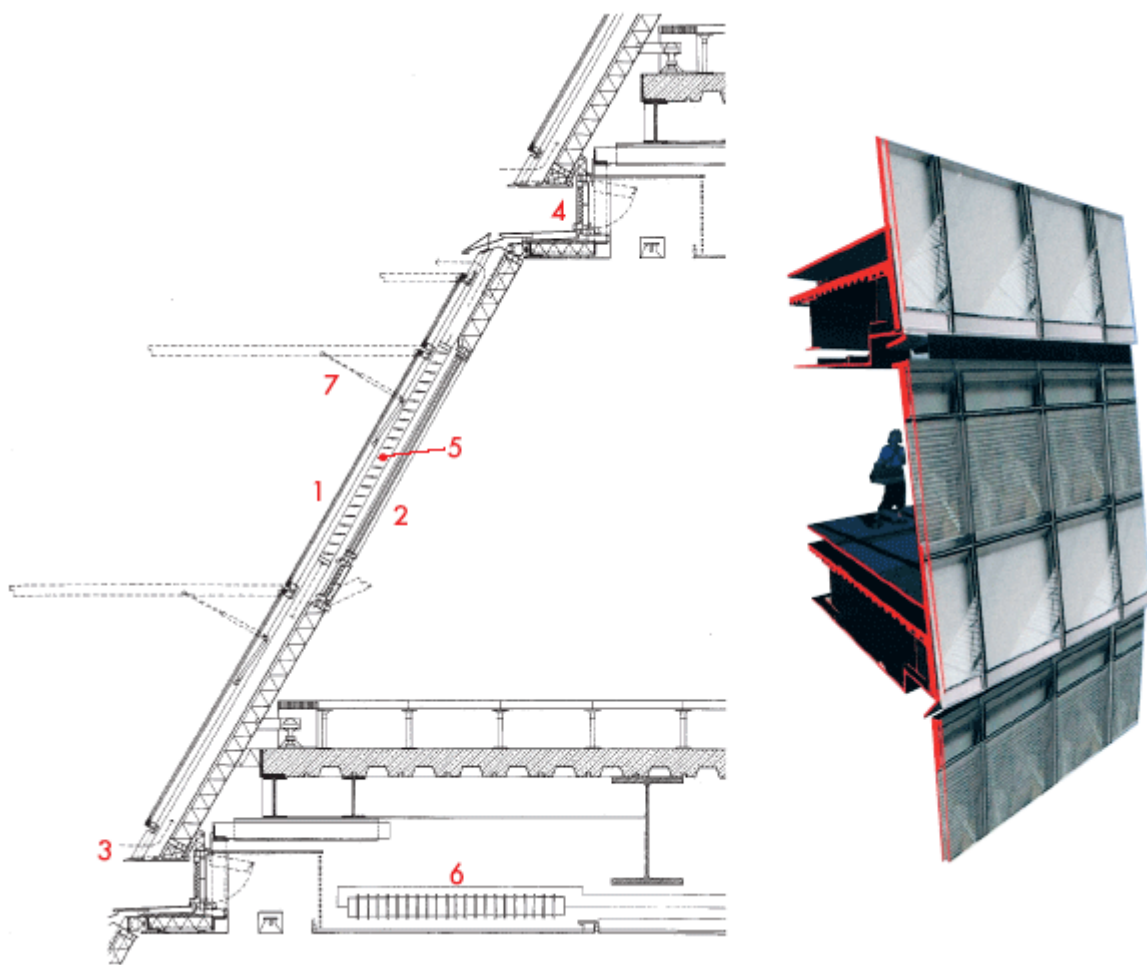


Рисунок 9 – Схема конструкции северного фасада здания:

1 – наружная оболочка двойного фасада; 2 – внутренняя оболочка двойного фасада; 3 – щелевое отверстие для притока воздуха в помещение; 4 – щелевое отверстие для удаления воздуха из помещения; 5 – штора-жалюзи; 6 – охлаждающий потолок; 7 – устройства открывания окон.

Механическая приточно-вытяжная вентиляция здания мэрии организована по схеме вытесняющей вентиляции (displacement ventilation). Приточный воздух подается в вертикальный вентиляционный канал, расположенный в центральной части здания, откуда на каждом этаже распределяется по помещениям по горизонтальным воздуховодам, расположенным в пространстве под фальшполом. Воздухораздача осуществляется через воздухораспределительные решетки в полу. Удаление воздуха осуществляется из верхней зоны помещения. Воздух собирается в горизонтальные воздуховоды, расположенные выше подвесного потолка, а затем попадает в вертикальный сборный вентиляционный канал, расположенный, как и вертикальный канал приточного воздуха, в центре здания.

Организация воздухообмена по схеме вытесняющей вентиляции позволяет обеспечить более высокое качество воздуха в обслуживаемых помещениях и снизить затраты энергии по сравнению с более традиционной схемой перемешивающей вентиляции. Подробнее о системе вытесняющей вентиляции.

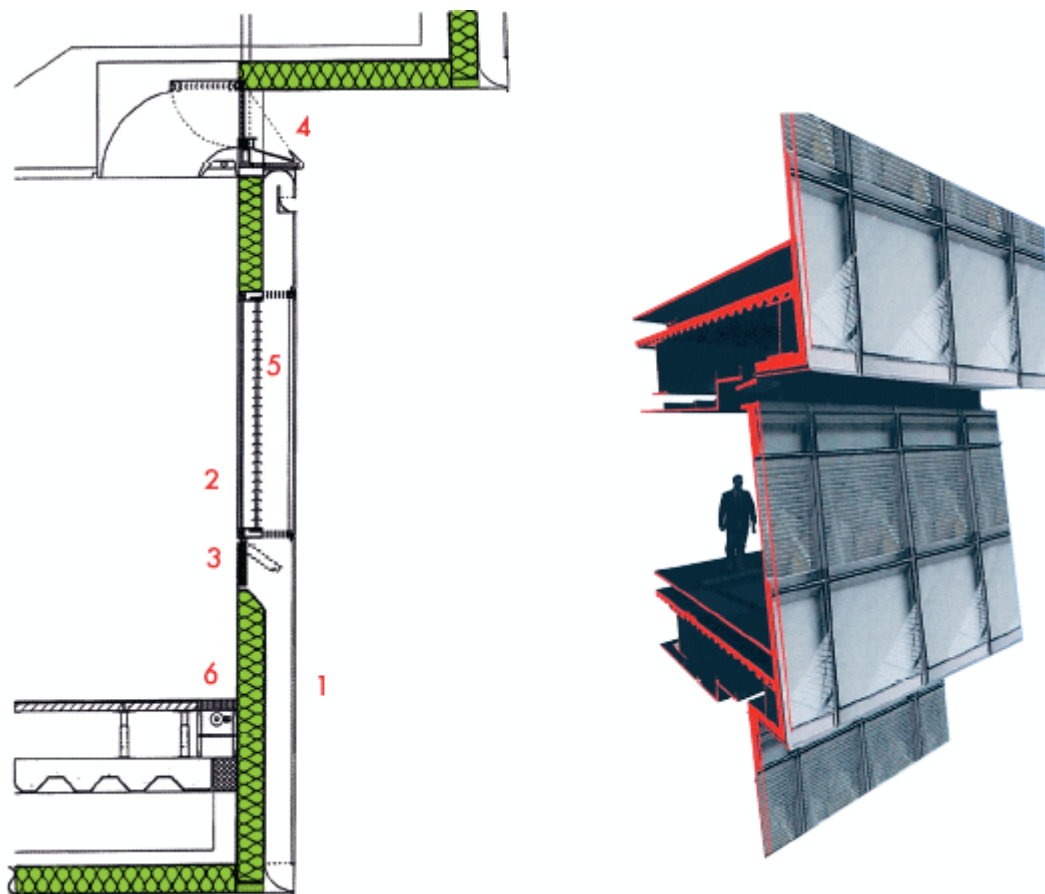


Рисунок 10 – Схема конструкции южного фасада здания:

1 – наружная оболочка двойного фасада; 2 – внутренняя оболочка двойного фасада; 3 – щелевое отверстие для притока воздуха в помещение; 4 – щелевое отверстие для удаления воздуха из помещения; 5 – штора-жалюзи; 6 – конвектор.

Для охлаждения воздуха в офисных помещениях мэрии в летнее время используются охлаждающие потолки. Холодная вода циркулирует по пустотелым балкам в конструкциях потолка. Металлические части потолка охлаждаются и охлаждают воздух, который поступает в нижнюю часть помещения под действием гравитационных сил. Теплый воздух от находящихся в помещении людей, компьютеров, принтеров, осветительных приборов и другого оборудования поднимается вверх, где остывает и вновь очень медленно опускается, не вызывая при этом сквозняков. Таким образом обеспечивается практически одинаковая температура воздуха по всей высоте помещения. В качестве источника холода используются грунтовые воды с относительно низкой температурой, составляющей 12–14 °С. Для получения грунтовой воды используются две скважины глубиной 125 м, пробуренные до водоносного горизонта непосредственно под зданием мэрии. Использование этого природного ресурса взамен воды, охлажденной в чиллерах, снижает потребление электрической энергии.

Преимуществом такой схемы является повышенный тепловой комфорт в обслуживаемом помещении – отсутствие сквозняков, низкая скорость воздушных потоков в помещении, равномерность температуры воздуха по высоте помещения. Кроме этого, такие системы отличаются бесшумностью, низкими эксплуатационными затратами, компактностью. Подробнее о системах потолочного охлаждения см. статью «Охлаждение излучающими панелями», опубликованную в этом номере журнала.

После завершения цикла циркуляции по охлаждающим потолкам грунтовые воды собираются в сборном резервуаре, откуда затем сбрасываются непосредственно в Темзу. Часть этой воды используется для смыва в туалетах здания и для полива растений, что позволяет снизить потребление водопроводной воды.

Кроме непосредственного охлаждения помещений при циркуляции холодной воды в охлаждающих потолках, низкотемпературные грунтовые воды используются в охлаждающих змеевиках центральной механической системы вентиляции для центрального охлаждения приточного воздуха. Традиционные чиллеры, располагаемые на крыше здания, исказили бы его архитектурный облик.

В зимнее время тепло удаляемого вентиляционного воздуха, включая тепло бытовых теплопоступлений (главным образом, тепловыделений от компьютеров, офисной техники и осветительных приборов), а также его влагосодержание может быть использовано для подогрева и увлажнения приточного воздуха. Для этого воздух, удаляемый из помещений здания мэрии, собирается в вертикальном сборном вентиляционном канале, расположенном в центре здания, и

пропускается через гигроскопические роторные рекуператоры, подогревая и увлажняя приточный воздух.

Роторные рекуператоры имеют самую высокую эффективность теплоутилизации (до 80 %), однако основным их недостатком является возможность взаимного перетекания воздушных потоков, что делает их непригодными в тех помещениях, где требуется полное разделение приточного и удаляемого воздуха. Увлажнение приточного воздуха может привести к его дополнительному загрязнению, т. к. пары влаги воздуха создают благоприятную среду для различных микробов и органических загрязнений.

В летнее время охлажденный удаляемый воздух используется для предварительного охлаждения приточного воздуха. Комбинация устройств утилизации тепла (холода), использование грунтовых вод в качестве источника холодоснабжения, а также выбор формы, ориентации здания и солнцезащитных устройств позволили отказаться от каких-либо традиционных холодильных установок.

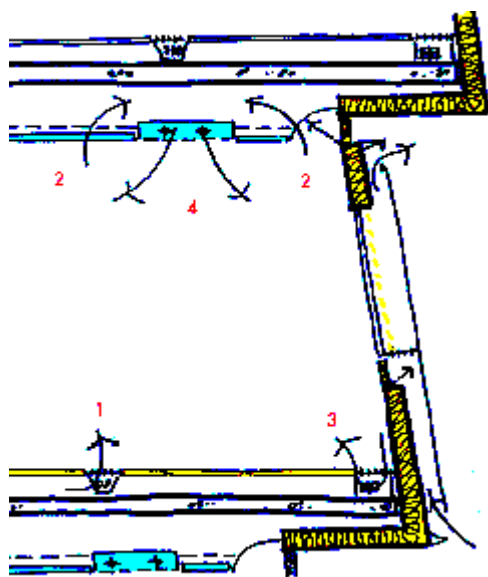


Рисунок 11 – Схема механической вентиляции, отопления и охлаждения помещений:
1 – подача воздуха системой механической вентиляции через возду�ораспределительные устройства в полу; 2 – удаление воздуха из верхней зоны помещения; 3 – конвектор системы отопления; 4 – система охлаждающих потолков.

В здании мэрии используется комбинированное отопление – система воздушного отопления, совмещенная с вентиляцией, и система водяного отопления. В системе водяного отопления в качестве отопительных приборов используются конвекторы, установленные в зале заседаний и в офисах, а также напольное панельно–лучистое отопление в фойе. В офисных помещениях конвекторы установлены по внешнему периметру и располагаются в пространстве под фальшполом, что предотвращает выпадение конденсата на относительно холодных светопрозрачных наружных ограждающих конструкциях, предупреждает образование сквозняков и освобождает пространство в помещениях.

Горячая вода также используется для подогрева приточного воздуха в центральной приточной установке. Для приготовления горячей воды используются два газовых бойлера. Для снижения расхода энергии, затрачиваемой на циркуляцию теплоносителя, использованы насосы с регулируемой скоростью вращения, которые позволяют увеличить или уменьшить расход теплоносителя в зависимости от времени года, времени суток, занятости помещений и т. д.

По расчетам проектировщиков, удельные годовые затраты энергии на климатизацию нового здания мэрии составят 112 кВт·ч/м² в год.

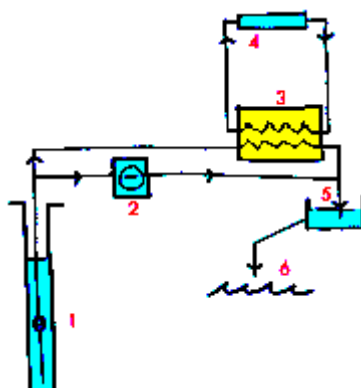


Рисунок 12 – Схема холодоснабжения здания с использованием низкотемпературных грунтовых вод: 1 – скважина глубиной 125 м; 2 – охлаждающий змеевик приточной установки; 3 – теплообменник; 4 – охлаждающий потолок; 5 – сборный резервуар; 6 – р. Темза.

Для поддержания и контроля требуемых параметров микроклимата в помещениях здания мэрии была разработана система автоматизации и управления зданием (Building Management System, BMS). Эта система запрограммирована на эффективное использование установленного инженерного оборудования и сбережение энергии при требуемом качестве микроклимата. Например, охлаждение воздуха в зале заседаний и в залах собраний осуществляется только в том случае, когда

обслуживаемые помещения используются. Контролируется уровень воздухообмена и температура приточного воздуха, что позволяет обеспечить требуемый микроклимат в обслуживаемых помещениях.

Заключение

В настоящее время для проектировки хорошего дома нужен не только хороший архитектор, а необходим квалифицированный инженер. С помощью современной науки новый дом человека, должен быть не просто окружающей обстановкой а интеллектуальной и сложной системой, заботящейся о здоровье, комфорте и удобстве человека.

Необходимо помнить, что жилище человека, не должно наносить вреда окружающей среде, человек обязан во всех сферах деятельности в первую очередь думать об экологии нашей планеты. Не следует забывать, что ресурсы нашей планеты ограничены, следует продолжать поиск альтернативных источников энергии, а самое главное не только искать, но и использовать выше упомянутые альтернативные источники энергии.

Итак, подводя итоги, можно смело сказать, что наука не стоит на месте, и все новейшие современнейшие, существующие на сегодняшний день, технологии должны быть использованы в работе хорошим специалистом. Дома будущего на сегодняшний день существуют или как теоретические проекты, или как экспериментальное здание, а не как технология, используемая в строительстве жилых домов, особенно эта проблема широко развита в России. Зачем изучать, создавать, современнейшие технологии, если это не производит ни какого эффекта, важно чтобы типы домов, описанные в этой работе, должны быть введены в всеобщее использование, чтобы данная работа называлась не «Дома Будущего», а «Дома Настоящего».

Литература

- 1 Griscom Amanda, This solar house. www.UnivEduc.gov.
- 2 Sinclair Ken, Some ideas about the Building Automation industry. www.AutomatedBuildings.com.
- 3 Энергоэффективное здание: оптимизация теплозащиты и систем ОВК, Sleia J. Hayter, Paul A. Torcellini, Ron Judkoff. "АВОК", 2000, №4
- 4 Девятков В.В., Матюхов В.В., Интеллектуальный дом – миф и реальность. www.mgtu.ru.
- 5 Жердун С., Филенкова Ю., Сага об интеллектуальном здании. "Алгоритм безопасности", 2003, №6.
- 6 Интеллектуальное здание. www.sec.ru.
- 7 Кологривова Л. Б., Ковтун О. В., Энергосберегающее решение энергоэффективных зданий. "ПГС", 2004, №6
- 8 Н. В. Шилкин, Здание высоких технологий, "АВОК", 2003, №7.
- 9 О. Е. Павлов, ЕИВ – стандарт для домашних сетей и управления зданиями. "АВОК", 2003, №6.
- 10 Табунщиков Ю. А. Энергоэффективное здание как критерий мастерства архитектора и инженера. "АВОК", 2001, №2.
- 11 Табунщиков Ю. А., Бродач М. М. Научные основы проектирования энергоэффективных зданий. "АВОК", 1998, № 1.
- 12 Федорова И., Сколько этажей у интеллектуального здания. "БОСС", 1999, №10.
- 13 Чертопрудя С., Интеллектуальные здания в России. "Мир Безопасности", 2000, №3.
- 14 Экологический дом. www.ecolife.org/education/.