

УДК.624:504.003.1

ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Огородников И.А., Бородулин В.Ю.

Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск

Около 20 лет назад Организация объединенных наций провела подробный анализ состояния цивилизации и экосистемы Земли. Эта работа была проделана специально созданной комиссией под руководством премьер-министра Норвегии фру Брутланд и опубликована в виде доклада ООН под названием «Наше общее будущее». В докладе проведен анализ: текущего состояния экосистемы, социального состояния цивилизации, проблемы населенных пунктов, включая жилье и проблемы питания, запасов ресурсов планеты и промышленного развития, состояния экономики. Причиной для такой работы стали критические изменения состояния экосистемы, общая нехватка ресурсов, кризисы мировой экономики, рост социальной напряженности и обнищание значительной части населения планеты.

На основе этого анализа всемирные конференции в Рио-де-Жанейро в 1992 и в Стамбуле 1996 году приняли план действий в программах «Повестка дня на 21 век» и «Повестка Хабитат», который наметил направления как сначала снизить нагрузку, а затем выйти на устойчивое развитие.

Мониторинг основных параметров состояния окружающей среды за последние 30 лет показал, что состояние экосистемы продолжает ухудшаться: биоразнообразие сократилось на 30%, в распоряжении человечества осталось 50% пахотных земель, за последние 120 лет содержание CO_2 в воздухе увеличилось на 17%, за последние два десятилетия средняя скорость увеличения температуры атмосферы достигла 0,1 °С. В десятилетие. Недостаток пресной воды испытывает 1/3 населения планеты, а в следующие два десятилетия прогнозируется глобальный водный кризис, когда доступная вода останется в 3–4 странах мира.

Температурные изменения большей частью определяются естественными процессами, хотя на их фоне уже заметен вклад человечества. Что касается всех остальных, то это исключительно антропогенное воздействие. Нагрузка цивилизации на экосистему Земли превышает на треть способность экосистемы к восстановлению.

Одной из реакций на ухудшающееся состояние окружающей среды стало развитие альтернативной энергетики, энергосберегающего домостроения.

Для демонстрации возможностей новых подходов в разных странах начали создаваться центры альтернативных технологий, собирающие энергетически эффективные технологии.

С этой позиции особое значение имеет необходимость создания аналогичного центра в России, а также измерительных домов-лабораторий для оценки эффективности применения тех или иных технологий в решении задачи повышения энергоэффективности в малоэтажном строительстве. И такая работа сейчас проводится при создании культурно-образовательного туристического центра «Этномир» с жилым посёлком в Калужской области.

Целью этого проекта является снижение всех видов ресурсопотребления при создании и эксплуатации объектов центра и жилого посёлка.

Особенностью проекта является то, что на фоне сложившегося в Российской Федерации 6-го технологического уклада предлагается использование технологий, со-

ответствующих требованиям 5-го и 6-го технологических укладов, обеспечивающих эффективное развитие территории.

В основу проекта были заложены следующие требования. По ресурсоэффективности это снижение финансовых и материальных затрат на возведение объектов строительства при заданных потребительских свойствах объектов строительства по отношению к типовым на 40 %, снижение трудозатрат не менее чем на 30 % и сокращение сроков строительства индивидуального дома до 45 суток.

По энергоэффективности это прежде всего уменьшение не менее чем на 30 % затрат на производство тепла отопления при эксплуатации жилых домов посёлка по отношению к зданиям с нормальным классом энергоэффективности, а также уменьшение затрат на потребление электроэнергии до 125 кВт*ч в месяц на один жилой дом.

Для достижения требований по ресурсоэффективности на этапах строительства и эксплуатации предлагается:

применение мини-производств изготовления строительных материалов на месте проведения работ;

применение ручных и (или) полуавтоматических мобильных комплексов монолитного строительства с использованием фибропенобетона;

отказ от строительства ряда сетей и коммуникаций, сохраняя при этом три основные инженерные сети, а именно, электроснабжения, газоснабжения и водоснабжения. Исключить сети теплоснабжения, горячего водоснабжения, наружного (уличного) электроосвещения, канализации и ливневой канализации. Дополнительно исключить слаботочные сети (телефония, телевидение, сигнализация пожарная и охранная, автоматизированного управления и контроля) заменив их сетями Ethernet и GPRS.

Для достижения требований по энергоэффективности на этапах строительства и эксплуатации предлагается:

применение объёмно-конструктивных решений при проектировании конструкции объектов строительства снижающих потребление тепла отопления;

применение энергоэффективного оборудования и инженерных систем для электроснабжения, теплоснабжения и вентиляции зданий и сооружений;

применение технологий альтернативной энергетики, а также использование возобновляемых энергоресурсов;

применение информационно-автоматизированной системы управления и безопасности для оптимизации потребления всех видов энергоресурсов и управления процессами эксплуатации.

Это основной набор требований и способов их достижения, который был предложен для апробации подхода к повышению энерго- и ресурсоэффективности малоэтажных зданий.

Предлагаемая конструктивная схема здания – стеновая, бескаркасная, двухпролетная с продольными и поперечными несущими стенами.

Фундамент – плита. Три слоя. Первый слой – монолитный железобетон толщиной 100 мм. Второй слой – гидроизоляция. Третий слой – монолитный фибропенобетон толщиной 200 мм. При этом используется арматурная сетка 200 x 200 мм d8 мм. Основание – песчанно-гравийная подсыпка мощностью слоя 100 мм.

Наружные ограждающие конструкции выполнены из армированного фибропенобетона. Толщина наружных стен 400 мм.

Внутренние межкомнатные стены – фибропенобетонные блоки с нормируемой шумоизоляцией.

Для прокладки коммуникаций по зданию внутри стен предусмотрены технические каналы.

Входные двери – металлические утепленные. Предусмотрены герметичные тамбуры входов.

Из инженерного оборудования предусматриваются: системы солнечной энергетики (воздушный и водяной коллекторы, фотоэлектрические батареи), водяной бак-аккумулятор тепла отопления и ГВС, системы вентиляции с рекуперацией тепла воздуха.

Теплоснабжение – индивидуальное от автоматизированного настенного конденсационного газового котла с когенерацией электроэнергии, устанавливаемого в техническом помещении. Также предусмотрено индивидуальное теплоснабжение от дровяной печи с термоэлектрическим модулем.

Система отопления первого этажа – «тёплый пол», покомнатная разводка в конструкции пола. Для второго этажа – «теплый плинтус».

Энергоэффективность здания оценивается по степени снижения энергозатрат (теплопоступлений) приведенных к единице площади дома, из расчета на месяц и год. Полное устранение энергозатрат с учётом суровых климатических условий холодной зимы или жаркого лета не реализуемо, поэтому целесообразно говорить об их оптимизации.

Оптимизация энергозатрат достигается:

Компактностью конструкции дома;

Планировкой с учетом ориентации относительно стран света, видимого движения солнца по небосводу и преобладающих ветров;

Увеличением теплового сопротивления ограждающих конструкций;

Устранением мостиков холода;

Применением энергоэффективных окон;

Герметичностью ограждающих конструкций;

Уменьшением потерь тепла вентиляции;

Повышением эффективности аккомодации солнечной энергии;

Применением альтернативных систем генерации и когенерации энергии;

Оптимизацией системы отопления и горячего водоснабжения;

Применением информационно-автоматизированной системы управления и безопасности.

Все решения по достижению энергоэффективности дифференцируются по периодам года.

Приведённое сопротивление теплопередаче элементов ограждающих конструкций зданий:

Для стен $R_{s_{req}}$ не менее $3.157 \text{ м}^2 \cdot \text{C}/\text{Вт}$;

Для чердачного перекрытия не менее $R_{c_{req}}$ не менее $4.159 \text{ м}^2 \cdot \text{C}/\text{Вт}$;

Для окон $R_{w_{req}}$ не менее $0.526 \text{ м}^2 \cdot \text{C}/\text{Вт}$;

Для пола $R_{f_{req}}$ не менее $4.1 \text{ м}^2 \cdot \text{C}/\text{Вт}$.

При этом удельный расход тепловой энергии на отопление меньше нормированного на 26 %, а конструкция здания с предложенными решениями соответствует по энергоэффективности класса **В** (высокая энергоэффективность).

С вводом новых требований по энергоэффективности в строительстве возросли показатели нормированного приведенного теплового сопротивления конструкций зданий и сооружений. Это предопределяет необходимость поиска эффективного материала для строительства. Таким материалом может быть пенобетон и (или) фибропенобетон (в т.ч. блоки на его основе). Фибропенобетон – вид пенобетона, в состав которого входит тонкое синтетическое волокно (фибра). Наличие фибры обеспечивает направленную кристаллизацию раствора, повышенную прочность и безусадочность. В отли-

чие от обычного пенобетона, фибропенобетон теплее, легче, крепче и имеет однородную мелкопористую структуру. Фибропенобетон оптимально сочетает требования к строительным материалам и конструкциям. Во-первых, он является экологически чистым, не подвержен воздействию различных микроорганизмов, насекомых и представителей фауны. По огнестойкости превосходит кирпичную кладку, не требует обработки специальными составами для продления эксплуатации здания и предотвращения возгорания. По теплофизическим свойствам превосходит дерево, термическое сопротивление равно при плотности D600 $0,14 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ при максимально возможной влажности материала 12%. Здания из фибропенобетона способны аккумулировать тепло, что при эксплуатации позволяет снизить расходы на тепло отопления.

Инженерные системы, которыми предлагается оборудовать жилые здания поселка, предназначены для обеспечения полной функциональности дома и, как следствие, безопасной и комфортной жизнедеятельности. Энергоэффективность, экологичность и экономичность – основные современные требования, которые предъявляются к инженерным системам. Эти качества достигаются как по отдельности, так и в совокупности за счёт использования альтернативных источников энергии, оптимизации энергопотребления, применения передовых технологий теплоснабжения, вентиляции, водоснабжения, а также утилизации бытовых отходов. Дополнительно улучшение показателей качества получается при повышении степени интеграции инженерных систем, а также их автоматизации.

Общая тенденция развития инженерных систем обеспечения жизнедеятельности заключается в следующем. Если потенциал экономии, который достигается совершенствованием конструкций дома и инженерных сооружений, составляет величину около 50 % при сроках окупаемости от 10 до 60 лет, то потенциал экономии, который достигается применением более совершенных технических установок в системах отопления, вентиляции, энергоснабжения и т.д., составляет 10 – 60% при сроках окупаемости от 2 до 10 лет. Потенциал экономии, который достигается автоматизацией инженерных систем, составляет от 5 до 30% при сроках окупаемости менее 5 лет.

Электроснабжение домов предусматривается осуществлять путём подключения к сетям внешнего поставщика. Энергоэффективность в части электроснабжения достигается снижением затрат на её потребление. Для этого планируется применение альтернативных источников электроэнергии с возможностью её накопления. Дополнительно в системе предусмотрен режим перераспределения электроэнергии между зданиями внутри кластеров с возможностью возвращения её поставщику (продажи).

Тепловое обеспечение и горячее водоснабжение предусматривается осуществлять при помощи котла газового настенного конденсационного с когенерацией электроэнергии мощностью до 1 кВт при помощи двигателя Стирлинга.

Для снижения затрат на производство тепла отопления дополнительно к архитектурным решениям предлагается применить конструктивные решения по увеличению массы теплоемкой конструкции для аккумулирования выработанного тепла и эффективному распределению тепла в помещениях дома. Из альтернативных источников выбраны следующие:

энергоустановка для выработки тепла при помощи энергии солнца (водяной солнечный коллектор);

энергоустановка для получения тепла от низкопотенциальных источников (тепловой насос «вода-вода»).

Использование водяных солнечных коллекторов позволяет уменьшить затраты на получение тепла на нужды отопления на 30% в год.

Ежегодная экономия традиционных видов топлива составляет до 50-60 % для нужд горячего водоснабжения при круглогодичном использовании и до 90% для нужд горячего водоснабжения при сезонном использовании.

Системы солнечного теплоснабжения можно использовать практически для любых целей, где необходима низкопотенциальная тепловая энергия. Возможно использование гелиосистем для опреснения, технологических нужд, повышения эффективности водоочистки, прогрева грунта и т.д.

Вентиляцию помещений дома с учётом требований по снижению затрат на производство тепла и по созданию комфортной воздушной среды предусмотрено осуществлять при помощи рекуперативных и (или) регенеративных установок с использованием архитектурно-конструктивных решений. Дополнительно предусматривается альтернативный источник тепла, интегрированный в систему вентиляции дома: воздушный солнечный коллектор. Конструктивно коллектор выполнен в виде сборной панели, монтируемой на южном фасаде здания.

При эффективности возврата тепла вентиляции около 80% расход тепла на отопление жилых помещений уменьшается в 2 раза.

Применение воздушного солнечного коллектора позволяет увеличить теплопоступления в здание на 4 кВт*ч в солнечную погоду и дополнительно снизить интегральные затраты тепловой энергии на отопление здания в отопительный период на 25-30%.

Для каждого индивидуального дома предусматриваются подсистемы автоматизированного управления, инженерной и личной безопасности, которые интегрированы в единую систему управления дома на основе сетевых технологий беспроводного доступа. Создание системы осуществляется на базе беспроводного протокола ZigBee. Основные его преимущества заключаются в низкой стоимости, низком энергопотреблении и высокой надёжности. Любое совместимое с ним устройство находится в спящем режиме большую часть времени. В короткой по длительности фазе активности осуществляется проверка наличия обращенных к нему запросов, и, при их наличии проводится обработка. При этом сеть работает без задержек. Пропускная способность канала не превышает до 256 кбит/с, но этого достаточно для решения всех задач автоматизированного управления системами отдельного дома и поселка в целом.

Основные задачи, решаемые системой автоматизированного управления, инженерной и личной безопасности:

Сбор измерительной информации от климатической станции для подготовки управляющих решений;

Контроль нагрузки электрической сети;

Контроль температур теплоносителей в системах отопления, вентиляции;

Контроль задымления и загазованности помещений дома;

Контроль протечек теплоносителей в различных системах дома, воды и газа;

Контроль несанкционированного проникновения в дом;

Контроль освещенности помещений дома и участка;

Управление распределением видео и аудиосигналов;

Подключение к городской системе связи, к глобальной сети Интернет;

Централизованное управление инженерными системами дома и поселка;

Накопление и хранение измерительной и управляющей информации;

Оптимизация потребления всех видов используемых ресурсов.

Существенное повышение энерго- и ресурсоэффективности можно ожидать при комплексном подходе, когда сочетание применяемых технологий будет оптимальным. Для поиска таких оптимальных решений в рамках проекта создаётся материально-техническая база в виде небольшого дома-лаборатории, одновременно выполняющего

функции эко-музея для демонстрации применения новых энерготехнологий в малоэтажных жилых зданиях. Одновременное измерение основных тепловых характеристик дома и параметров функционирования всех, установленных инженерных систем позволит наиболее полно оценить вклад каждой составляющей в общий показатель энергоэффективности.

Выводы

1. Реализация данного подхода позволит в полном объеме провести оценку вклада различных технологий в повышение энерго- и ресурсоэффективности малоэтажных жилых зданий и выявить наиболее оптимальное решение.

2. Определение технических параметров, полученных в результате натурных наблюдений, в рамках предлагаемого подхода предоставит исходные данные для проектирования энергоактивных зданий класса А и выше для местных климатических условий.

Литература

1. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий.
2. ГОСТ Р 51541-99 Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей.
3. ГОСТ Р 51387-99 Энергосбережение. Основные положения.
4. Бекман У., Клейн С., Даффи Дж. Расчёт систем солнечного теплоснабжения// М: Энергоиздат, 1982, 80 с.