

УДК 697.9

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Докт. техн. наук, проф. ПИЛИПЕНКО В. М.²⁾, канд. техн. наук, доц. АКЕЛЬЕВ В. Д.¹⁾,
КИЕТ НГО ТУАН³⁾, канд. техн. наук НГУЕН ТХУ НГА³⁾

¹⁾Белорусский национальный технический университет,

²⁾ГП «Институт жилища – НИПТИС имени Атаева С. С.»,

³⁾Научный энергетический институт Вьетнамской академии наук и технологий

Решение задач экономии теплоты в строительстве сегодня имеет место лишь в пределах одной специальности, а также в рамках нераспространения на проблему в целом. Проводимые исследования не учитывают того, что уровень энергетической эффективности здания зависит от архитектурно-планировочного решения, компоновки здания, работы технологического оборудования, освещения, систем автоматизации, обеспечивающих микроклимат в помещениях.

Использование возобновляемых источников энергии в энергоэффективном строительстве, энергосбережение – важнейшие актуальные проблемы большинства стран. Неоспоримым фактом является разработка принципиальных концепций развития нетрадиционных источников теплоты, энергии. Применение нетрадиционных источников энергии в мировой практике отнесено к числу важнейших факторов, обуславливающих будущее энергетики.

В интенсивно развивающемся технологическом мире энергоэффективное здание нельзя рассматривать как статичную систему вне общих тенденций развития энергетики и энергоэффективных технологий. Затраты теплоты и энергии на эксплуатацию здания в течение срока его функционирования можно представить в следующем виде:

$$E = S_{от} \left[\sum_{n=1}^N \tau_n (f_1 \Delta T_n - f_{2n}) - \sum_{m=3}^M \sum_{n=k_m}^N \tau_n f_{mn} \right], \quad (1)$$

где N – продолжительность функционирования здания, годы; M – число энергоэффективных технологий в здании; n – номер года; m – номер технологии; k_m – номер первого года введения технологии; E – затраты теплоты, энергии на эксплуатацию здания в течение срока его функционирования, кВт·ч; $S_{от}$ – отопляемая площадь здания, м²; τ_i – продолжительность отопительного периода в i -м сезоне, ч; f_1 – суммарный удельный коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м²·°С·Вт); f_{2i} – мощность внутренних источников теплоты в здании, кВт/м²; f_{mn} – удельная мощность энергоэффек-

тивных технологий (m -й) в n -м году, кВт/м²; ΔT_n – средняя разность температур воздуха внутри и снаружи здания в i -м году, °С.

В соответствии с общепринятой терминологией энергоэффективное здание – это открытая энергетическая система с оптимальным для существующих технико-экономических условий уровнем потребления теплоты и интерфейсом для подключения энергоэффективных модулей. Следовательно, это развивающееся, с точки зрения уровня тепловых потерь, здание, энергетические характеристики которого изменяются по мере развития энергоэффективных технологий, оставаясь оптимальными по отношению к затратам на экономию энергии во время его эксплуатации.

Проектирование систем теплоснабжения зданий, равно как и расчет мощности отопительных элементов в них, выполняется для нормируемых условий микроклимата помещений исходя из проектных значений сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций зданий и уровня воздухообмена помещений [1]. При этом оптимальное значение температуры находится в пределах (20–22) °С, что выше расчетного диапазона, устанавливаемого жильцами при возможности регулирования от 18 до 25 °С.

Таким образом, на стадии проектирования [2] закладывается противоречие между проектными и фактическими температурными режимами жилых помещений. При эксплуатации жители доступными средствами добиваются оптимальной температуры воздуха в квартирах. В зданиях основная возможность регулирования температуры воздуха – воздухообмен. Жители старого жилого фонда с целью повышения температуры в квартирах уплотняют притворы окон различными способами, уменьшая при этом воздухообмен и снижая тепловые потери зданий.

В новых зданиях, где герметичные окна не оставляют резерва экономии теплоты вследствие уменьшения воздухообмена, возникают проблемы, связанные с высокой относительной влажностью воздуха. У жильцов есть возможность управления воздухообменом, регулируя установку окон в режиме микропроветривания, но на первом месте остается комфортная температура.

В итоге тепловой баланс здания в процессе эксплуатации формируется с учетом климатических условий, влияющих на уровень тепловых потерь, социально-урбанистских условий, определяющих мощность тепловых выделений в здании и структуру жилого фонда, а также случайных воздействий жильцов на термодинамические параметры микроклимата квартир. Эти воздействия сказываются как на величине теплотерь здания, так и перераспределяют тепловую нагрузку между отдельными квартирами. Величину средней удельной мощности теплотерь q (Вт/м²) здания с учетом случайных воздействий жильцов можно записать в виде

$$q = \frac{T_{icp} - T_{out}}{S_{от}} \left(c\rho V_{cp} S_{от} + \sum_{m=1}^M \left[\frac{S_m}{R_m} \left(1 - \sum_{n=1}^N \frac{\delta R_{nm}}{R_m} \right) + \frac{1}{S_{от}} \sum_{n=1}^N \tau_n \left(c\rho v_n S_n + \sum_{m=1}^M S_{nm} \left(\frac{1}{R_m} - \frac{\delta R_{nm}}{R_m^2} \right) \right) \right] \right) - \frac{q_{вн}}{S_{уд}}, \quad (2)$$

где S_n , S_m , S_{nm} – отопляемая площадь n -й квартиры, m^2 , площадь m -х ограждающих конструкций в здании и площадь ограждающих конструкций n -й квартиры (m^2) с приведенным сопротивлением теплопередаче R_m , $m^2 \cdot ^\circ C / \text{Вт}$; V_{cp} – средний объем воздухообмена в здании, $m^3 / (m^2 \cdot c)$; τ_n – случайная величина, равная отклонению (девиации) значения температуры в n -й квартире от средней по зданию величины, $^\circ C$; v_n – случайная величина, равная отклонению значения воздухообмена в n -й квартире от средней по зданию величины, $m^3 / (m^2 \cdot c)$; δR_{nm} – случайная величина, равная отклонению значения сопротивления теплопередаче m -го ограждения в n -й квартире от среднего по зданию значения, $m^2 \cdot ^\circ C / \text{Вт}$; N и M – количество квартир в здании и число типов ограждающих конструкций соответственно; $q_{вн}$ – мощность внутренних источников теплоты, приходящаяся на одного человека, $\text{Вт}/\text{чел.}$; $S_{уд}$ – средняя заселенность зданий, $m^2/\text{чел.}$

Первый член суммы характеризует среднее значение мощности удельных тепловых потерь здания в течение отопительного сезона, второй – случайную составляющую, обусловленную девиациями температуры и воздухообмена в квартирах от средних значений.

Величина среднеквадратичного отклонения удельной мощности зданий среднего значения может быть рассчитана из уравнения

$$\sigma_q^2 = \frac{\sigma_\tau^2}{S_{ol}^2} \left[c^2 \rho^2 \sigma_v^2 \sum_{n=1}^N S_n^2 + \sum_{n=1}^N \left(\sum_{m=1}^M \frac{S_{nm}}{R_m} \right)^2 \right], \quad (3)$$

где σ_τ и σ_v – среднеквадратичное отклонение температуры и удельного воздухообмена в квартирах от среднего значения, $^\circ C$, $m^3 / (m^2 \cdot c)$, соответственно.

Требования к теплотехническим характеристикам зданий изменяются синхронно стоимости энергоносителей. Если в зданиях постройки 1994 г. требования к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций выбирались только из условия теплового комфорта, то затем были установлены нормируемые значения для сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций, а в 2009-м – нормативные значения удельных годовых потреблений теплоты на отопление зданий. Удельное годовое потребление теплоты на отопление устанавливается и в нормативах стран ЕС, которое относится не к зданию как конструктивной системе, а учитывает также климатические и условия эксплуатации зданий. Поэтому сравнительный анализ зданий, находящихся в различных климатических зонах и условиях эксплуатации, по удельному потреблению теплоты на отопление некорректен в силу отмеченных особенностей.

Предложенная математическая модель позволяет рассматривать здание как энергетическую систему, находящуюся во взаимодействии с внутренними условиями, обусловленными наличием жильцов и окружающей средой, и обеспечивает возможность моделирования для существующих в реальности условий эксплуатации.

ВЫВОД

Выполненный комплекс научно-исследовательских разработок позволяет с использованием компьютерной техники прогнозировать по времени затраты теплоты в зданиях различного назначения в зависимости от термодинамических характеристик внутреннего и наружного воздуха, теплофизических характеристик ограждающих конструкций при наличии энергии энергоэффективных технологий во временном интервале социальных факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. С о в р е м е н н ы е математические модели конвекции / В. К. Андреев [и др.]. – М.: Физматлит, 2008. – 368 с.
2. П р о е к т и р о в а н и е экономичных общественных зданий: пер. с англ. / С. Терной [и др.]. – М.: Стройиздат, 1990. – 336 с.

Представлена кафедрой
теплогазоснабжения и вентиляции

Поступила 03.04.2012