

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ

Стадник О.В., ст. преподаватель,

Белогуров В.А., ст. преподаватель

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Энергоэффективность долгое время не была приоритетной задачей в нашей стране, что было связано с достаточным количеством и приемлемой ценой на энергетические ресурсы в России. В последнее время, происходящие изменения в нашей стране, связанные с нерациональным использованием, постепенным сокращением природных и материальных ресурсов, а также мировая тенденция, ориентированная на энергоэффективность, начинают влиять на российскую архитектурно-строительную среду. Намечается тенденция на поиски, развитие архитектурных приемов повышения энергоэффективности с использованием систем, способных уменьшить теплопотери зданий, обеспечить температурные и влажностные режимы, сделать микроклимат более комфортным.

Основой политики государства в области энергоэффективности является Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [1], который определил поиски новых инструментов и способов реализации этой политики.

Закон регулирует отношения по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и его целью является создание правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Разработаны и введены в действие более чем в 50 субъектах Российской Федерации региональные и отраслевые строительные нормы по теплозащите и энергоэффективности зданий, при их разработке и внедрении решалась задача стимулирования к проектированию зданий с меньшим энергопотреблением [3].

Цель проектирования и строительства энергоэффективных зданий состоит в более эффективном использовании энергоресурсов, затрачиваемых на энергоснабжение здания, путем применения инновационных решений, которые осуществимы технически, обоснованы экономически, а также приемлемы с экологической и

социальной точек зрения и не изменяют привычного образа жизни. Приоритетность при выборе энергосберегающих технологий имеют технические решения, одновременно способствующие улучшению микроклимата помещений и защите окружающей среды.

При проектировании и строительстве энергоэффективных зданий необходимо решать вопросы выбора строительных материалов, в отношении химического состава и по их воздействию на окружающую среду в течение всего срока службы [4...13].

С точки зрения современной науки, задача проектирования энергоэффективных зданий относится к так называемым задачам «системного анализа» или задачам «исследования операций», поиск решения которых связан с выбором альтернативы и требует анализа сложной информации различной физической природы. Цель методов системного анализа или исследования операций – предварительное количественное обоснование оптимальных решений. Одним из главных направлений исследования операций являются принципы проектирования энергоэффективных зданий, которые основаны на применении оптимизационных математических методов.

Для построения и реализации математических моделей сложных энергетических объектов, к которым может быть отнесено здание, используется методология системного подхода. Системный подход при построении математической модели теплового режима здания предполагает выполнение следующих этапов:

- выделение из общей энергопотребляющей системы рассматриваемого объекта, например, выделение здания из микрорайона, цеха в здании завода или отдельного корпуса, помещения в жилом или общественном здании;

- выяснение состава элементов, их внутренней структуры и видов связей между ними;

- расчленение объекта с помощью метода декомпозиции на более простые элементы и его последующее восстановление с помощью теории граф;

- разработка системы взаимосвязанных математических моделей отдельных элементов здания и обобщенной математической модели теплового режима здания в целом [14].

В соответствии с принципами системного анализа целесообразно при проектировании энергоэффективного здания рассматривать две независимые энергетические подсистемы:

- наружный климат как источник энергии;

- здание как единая энергетическая система.

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

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

В силу ограниченного числа основных типовых элементов, из которых складывается здание как единая теплоэнергетическая система, в рамках системного подхода целесообразно использовать метод декомпозиции. Декомпозиция здания в вид единой энергетической системы может быть представлена тремя основными энергетически взаимосвязанными подсистемами:

- энергетическим воздействием наружного климата на оболочку здания.
- энергией, содержащейся в оболочке здания, то есть в наружных ограждающих конструкциях здания;
- энергией, содержащейся внутри объема здания, то есть во внутреннем воздухе, внутреннем оборудовании, внутренних ограждающих конструкциях и т.д.

Тогда математическая модель здания как единой энергетической системы будет состоять из трех подмоделей [14]:

- математической модели наружного климата;
- математической модели теплопередачи через оболочку здания;
- математической модели лучистого и конвективного теплообмена в помещениях здания.

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

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

где Q_{min} - минимальный расход энергии на создание микроклимата в помещениях здания; a_i - показатели архитектурных и инженерных решений здания, обеспечивающих минимизацию расхода энергии.

При реальном проектировании энергоэффективное здание в большинстве случаев не будет реализовано из-за ряда ограничений, вытекающих из конкретной строительной ситуации или из-за ряда

соображений количественного или качественного характера, которые не были учтены при математическом моделировании. В этом случае целесообразно ввести показатель, характеризующий степень отличия реализованного решения от оптимального. В других случаях этот же показатель может служить критерием оценки искусства проектировщика. Назовем эту величину «показателем теплоэнергетической эффективности проектного решения» и обозначим h , так что по определению

$$h = Q_{\text{эф}}/Q_{\text{пр}}$$

где $Q_{\text{эф}}$ - расход энергии на создание микроклимата в помещениях энергоэффективного здания; $Q_{\text{пр}}$ - расход энергии на создание микроклимата в помещениях здания, принятого к проектированию.

С учетом принятого разделения математической модели теплового режима здания как единой теплоэнергетической системы на три взаимосвязанных подмодели можно записать

$$h = h_1 \cdot h_2 \cdot h_3,$$

где h_1 - показатель теплоэнергетической эффективности оптимального учета воздействия наружного климата на здание; h_2 - показатель теплоэнергетической эффективности оптимального выбора тепло- и солнцезащитных характеристик наружных ограждающих конструкций; h_3 - показатель теплоэнергетической эффективности оптимального выбора систем обеспечения микроклимата.

Отечественный и зарубежный опыт проектирования энергоэффективных жилых домов показал, что при проектировании зданий необходима соответствующая методология, основанная на сметном анализе факторов, формирующих энергетические характеристики жилого дома. При этом важно представлять, что жилое здание – это энергетическая система. Поиск оптимальных характеристик энергоэффективного жилого дома требует построения соответствующей физико-математической модели и решения оптимизационной задачи.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» М., 2009.
2. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. - М.:Наука, 1988. - 208с.

3. Подолян Л. А. Энергоэффективность жилых зданий нового поколения: Дис. канд. техн. наук: 05.23.01 Москва, 2005.- 185 с.

4. Гладков Д.И., Сулейманова Л.А. Физико-химические основы строительного материаловедения/ Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2005. – № 9. – С. 68–72.

5. Сулейманова Л.А., Сулейманов А.Г., Ерохина И.А. Общая закономерность получения материалов с высокими качественными показателями / Проблемы экологии: наука, промышленность, образование: сб. докл. III Междунар. науч.-практ. конф. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. – № 15. – С. 155–163.

6. Сулейманова Л.А., Ерохина И.А., Сулейманов А.Г. Ресурсосберегающие материалы в строительстве / Известия высших учебных заведений «Строительство», 2007. – № 7. – С. 113–116.

7. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А. Компьютерное моделирование технолого-экономических задач. Белгород, 2009. – 183 с.

8. Сулейманова Л.А. Алгоритм получения энергоэффективного газобетона с улучшенными показателями качества / Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2011. – № 4. – С. 59–61.

9. Сулейманова Л.А. Кара К.А. Оптимизация состава неавтоклавного газобетона на композиционном вяжущем / Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. – № 2. – С. 28–30.

10. Suleymanova L.A., Kharkhardin A.N., Kara K.A., Malyukova M.V., Kozhukhova N.I. The Determination of Topological Properties in Polydispersed Mixtures on the Results of Sieve Laser and Particle Size Analysis/ World Applied Sciences Journal. 2013. № 25 (2). P. 347-353

11. Сулейманова Л.А., Кара К.А., Красникова И.Е. Выбор оптимального водотвердого отношения ячеистобетонных смесей при различных способах изготовления газобетонов/ Технологии бетонов. 2013. № 12 (89). С. 37-39.

12. Сулейманова Л.А. Управление процессом формирования пористой структуры ячеистых бетонов / Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 2. С. 69-76.

13. Сулейманова Л.А. Высококачественные энергосберегающие и конкурентоспособные строительные материалы, изделия и конструкции / Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 9-16.

14. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий // М.: АВОК-ПРЕСС, 2002. 194 с.