

УДК 697.112.3:658.576:69.01

*Л.А. ОПАРИНА, канд. экон. наук (l.a.oparina@gmail.com),
Ивановский государственный политехнический университет*

Результаты расчета энергоемкости жизненного цикла зданий

Обоснована актуальность расчета энергоемкости зданий с позиции системного подхода к организации их жизненного цикла. Представлены результаты расчета энергоемкости жизненного цикла 10-этажного кирпичного жилого здания. Показана структура энергозатрат в течение жизненного цикла зданий. Представлена динамика энергопотребления зданиями в виде кусочно-линейной функции. Предложены направления применения результатов расчета.

Ключевые слова: жизненный цикл, энергоемкость, системный подход, агрегаты энергопотребления, здания.

Эффективное развитие политики повышения энергоэффективности зданий, основанное на энергоресурсосбережении и внедрении новых энергосберегающих технологий, возможно только при системном подходе к организации их жизненного цикла. С позиции системного подхода целесообразно планировать энергопотребление на стадии проектирования здания при формировании инвестиционного замысла строительства, так как при этом необходимо учитывать то, что суммарные удельные энергозатраты на строительство здания (в том числе на добычу и переработку сырья, производство строительных материалов и изделий-полуфабрикатов, строительные-монтажные работы, транспорт, оборудование здания и пр.) могут существенно превышать эксплуатационные энергозатраты на содержание здания за весь расчетный срок службы и затраты на дальнейший демонтаж здания и утилизацию строительных материалов. Суммарные энергозатраты, потребляемые зданиями в течение всего жизненного цикла, можно определить как показатель полной энергоемкости жизненного цикла.

В настоящее время разработаны различные методики определения энергоемкости зданий [1, 2]. Однако в них не учтены затраты энергоресурсов на ликвидацию здания и утилизацию строительных материалов. Кроме того, в работе [2] полная энергоемкость здания не включает в себя расходы энергоресурсов на проведение текущих и капитальных ремонтов в течение расчетного периода, а также расчет произведен на срок эксплуатации здания 25 лет, в то время как срок службы зданий 1-й группы (каменные особо капитальные) составляет 150 лет. Очевидно, что для определения энергоемкости зданий на основе системного подхода необходимо рассчитывать энергозатраты не только на строительство и эксплуатацию здания, но и на производство строительных материалов для строительства и ремонта, а также энергозатраты на утилизацию и рециклинг строительных материалов и демонтаж здания после окончания жизненного цикла.

В данной статье представлены результаты расчета энергоемкости жизненного цикла здания, проведенные автором по разработанной имитационной модели энергопотребления зданиями (табл. 1).

Расчет агрегатов энергопотребления для первого сценария по разработанной имитационной модели произведен при помощи электронных таблиц MS Excel. В качестве базового варианта приняты проектные решения здания, энергозатраты на производство строительных материалов, СМР, ремонтных работ и демонтажа на основе исследований и научных работ, проведенных российскими учеными, а также нормативно-технической литературы (рис. 1, табл. 2).

Таким образом, по данным модели можно увидеть распределение затрат энергоресурсов здания в течение всего

Таблица 1
Технико-экономические характеристики здания

Наименование	Значение
Шифр проекта	017/11-ОВ
Район строительства	Иваново
Назначение	Жилое
Размещение в застройке	Отдельно стоящее
Тип здания	10-этажное
Конструктивное решение здания	Кирпичное
Наружные стены	Кирпичные с утеплителем из пенополистирольных плит с противопожарными рассечками их минераловатными плитами
Внутренние стены	Кирпичные
Окна	ПВХ-профиль с двухкамерными стеклопакетами
Двери	Деревянные
Общая площадь здания	5998 м ²
Площадь квартир	4198,5 м ²
Строительный объем здания	25819 м ³
Водоснабжение	От существующей водопроводной сети
Горячее водоснабжение	От индивидуальных газовых котлов
Отопление	Наружные сети с температурным графиком 110–70°C
Вентиляция	Приточно-вытяжная с естественным побуждением
Электроснабжение	От встроенной трансформаторной подстанции
Удельный расход тепловой энергии на отопление здания	57,8 кДж/(м ² ·°C·сут)
Класс энергоэффективности здания	В

Таблица 2

Сводная таблица расчета агрегатов энергопотребления

Этап жизненного цикла	Наименование агрегата	Значение, т усл. т.
Проектирование	Расходы энергетических ресурсов на производство строительных материалов и конструкций (a_1)	2434,69
Строительство	Расходы энергетических ресурсов на организацию строительной площадки и производство СМР (a_2)	455,85
Эксплуатация	Расходы энергетических ресурсов на отопление здания (a_3)	8097,82
	Расходы энергетических ресурсов на электроснабжение, освещение здания, работу систем вентиляции и поддержания микроклимата в здании (a_4)	5811,94
	Расходы энергетических ресурсов на водоснабжение и водоотведение здания (a_5)	3531 тыс. м ³
	Расходы энергетических ресурсов на производство строительных материалов для ведения текущего и капитального ремонтов (a_6)	1423,92
	Расходы энергетических ресурсов на производство работ по текущему и капитальному ремонтам (a_7)	455,85
	Расходы энергетических ресурсов на утилизацию строительных материалов от производства строительных материалов для ведения текущего и капитального ремонтов и демонтажа здания (a_8)	371,09
	Расходы энергетических ресурсов на работы по демонтажу здания (a_9)	455,85
Итого: расходы энергоресурсов на жизненный цикл здания (150 лет)		19507

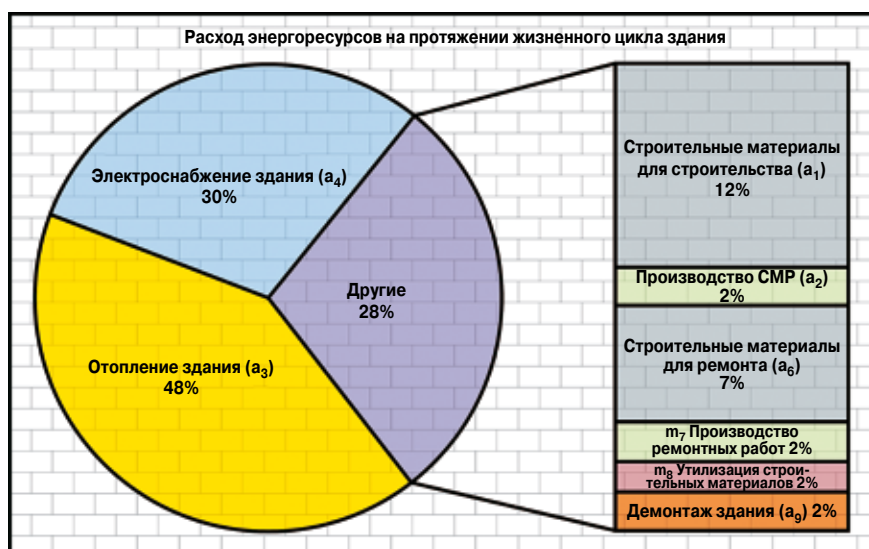


Рис. 1. Энергоемкость здания в течение жизненного цикла

жизненного цикла (рис. 1). Как видно, наиболее емкими являются затраты на отопление (48%) и электроснабжение (30%) здания. Остальная часть энергозатрат представлена в основном энергозатратами на производство строительных материалов для строительства и ремонта здания. Следовательно, данным затратам необходимо уделять наибольшее внимание при организации жизненного цикла здания.

Первый сценарный расчет показал, что затраты энергоресурсов в течение жизненного цикла здания накапливаются постепенно; в целом на жизненный цикл одного 10-этажного жилого здания расходуется 19,5 тыс. т усл. т. и 3530 тыс. м³ воды или 3,25 т усл. т. и 588 м³ воды на 1 м² общей площади здания. Очевидно, что данные энергозатраты особенно значительны в масштабах всей строительной отрасли страны, следовательно, необходима предварительная оценка энергопотребления в течение жизненного цикла зданий, которую можно производить при помощи предлагаемой имитационной модели.

Имитационная модель энергоемкости жизненного цикла здания построена автором на основе алгоритма кусочно-линейных агрегатов, это позволяет учитывать вероятности принятия различных организационно-технических решений при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий. На рис. 2 представлена кусочно-линейная модель расчета полной энергоемкости жизненного цикла здания, построенная автором по первому сценарному расчету для 10-этажного кирпичного жилого дома.

Состояние агрегатов меняется скачкообразно в течение жизненного цикла здания при смене стадий и изменении уровня энергопотребления. Необ-

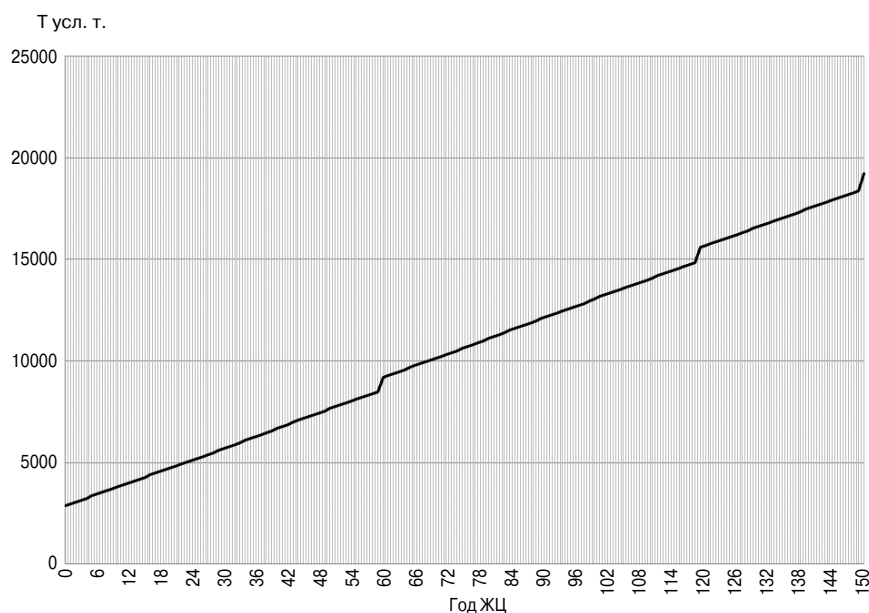


Рис. 2. Кусочно-линейная динамика энергоемкости жизненного цикла здания накопленным итогом

ходимо учесть стохастичность строительного производства и эксплуатации зданий, внедрить соответствующие вероятности в модель, что позволит более точно предвидеть энергозатраты в течение жизненного цикла зданий и управлять ими. На каждом этапе жизненного цикла расход энергоресурсов будет разным в зависимости от принимаемых организационно-технических решений.

Производя подобные расчеты по энергопотреблению, можно рассчитать интегральный показатель энергоэффективности [3] в зависимости от целей исследования; организовать процессы жизненного цикла зданий в зависимости от требуемого уровня энергоэффективности, необходимого заказчику; получать таким образом экономию энергоресурсов не только при строительстве и эксплуатации здания, но и учитывать энергозатраты при производстве строительных материалов, проведении ремонтов и утилизации здания. Разнообразие объемно-планировочных и конструктивных решений, их индивидуальность, большое количество видов строительно-монтажных работ и организационно-технологических способов их выполнения предопределяют соответственно оптимальные энергосберегающие мероприятия. Расчет энергоемкости жизненного цикла зданий является одной из составляющих организационных аспектов их проектирования, строительства и эксплуатации, указанных автором в [4], а также элементом процессного подхода к организации жизненного цикла зданий, предложенного в [5].

Результаты расчета и предлагаемая имитационная модель энергоемкости жизненного цикла зданий могут быть использованы также при разработке дорожных карт и стратегий развития ТЭК. Имитационная модель позволит уви-

деть динамику энергопотребления зданиями в масштабах как отдельного здания, так и всей страны в случае, если ее результаты будут использованы в энергетических паспортах зданий. Автор считает целесообразным внедрять построение предлагаемой модели в процесс проектирования зданий и основные показатели динамики энергопотребления в течение жизненного цикла представлять для мониторинга данных в энергопаспортах.

Список литературы

1. Голованова Л.А. Основы формирования и оценки результативности региональной политики энергосбережения. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2009. 213 с.
2. Кобелева С.А. Разработка методики определения полной энергоемкости зданий // Жилищное строительство. 2012. № 6. С. 74–78.
3. Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Опарина Л.А., Ставрова М.В. Интегральный показатель энергоэффективности как основа организационного механизма строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий // Жилищное строительство. 2012. № 3. С. 46–48.
4. Опарина Л.А. Организационные аспекты проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий // Жилищное строительство. 2011. № 10. С. 8–10.
5. Опарина Л.А. Обоснование применения методологии процессного подхода к моделированию жизненного цикла энергоэффективных зданий // Жилищное строительство. 2011. № 5. С. 8–10.