Журнал правовых и экономических исследований.
Journal of Legal and Economic Studies, 2021, 3: 181–186
© О.В. Жеребцова, 2021

DOI 10.26163/GIEF.2021.36.62.028
УДК 332.83:(621:006.354):001.891.54

O.V. Zherebtsova

ENERGY MODELING AS A TOOL TO EVALUATE ENERGY PERFORMANE OF BUILDINGS

Olesya Zherebtsova – Post-graduate student, the Department of Management, State Institute of Economics, Finance, Law and Technology, Gatchina; **e-mail: olesmoles@mail.ru**.

Energy Modeling is currently seen to be quite a promissing tool with regard to eco-development and is deemed therefore helpful to increase the efficiency of buildings' energy consumption with ensuring significant energy cost savings. The article describes various factors which need to be taken into account while conducting energy modeling. It presents results of the relevant efficiency assessment and the correlation whereof with the energy efficient decisions in the context of building energy modeling.

Key words: *energy modeling; energy efficiency; green building; green standard; sustainable development; environmental sertification of construction; GREEN ZOOM.*

О.В. Жеребцова

ЭНЕРГОМОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ

Олеся Вячеславовна Жеребцова – аспирант кафедры менеджмента, Государственный институт экономики, финансов, права и технологий, г. Гатчина;**e-mail: olesmoles@mail.ru**.

В настоящее время энергомоделирование зданий является перспективным направлением в рамках экодевелопмента и позволяет повысить эффективность энергопотребления зданий, а также достичь большой экономии затрат на энергоресурсы. В статье описаны факторы, которые необходимо учитывать при энергомоделировании. Представлены полученные автором результаты по расчетам эффективности от принятия энергоэффективных решений в рамках энергомоделирования зданий.

Ключевые слова: *энергомоделирование; энергоэффективность; экологическое строительство; «зеленый» стандарт; устойчивое развитие; экологическая сертификация строительства; GREEN ZOOM.*

Концепция устойчивого развития, впервые упомянутая в 1987 г. Международной комиссией по окружающей среде и развитию, стала отправной точкой для внесения изменений во всех сферах деятельности, в том числе, в жилищной сфере.

Концепция устойчивого развития подразумевает комплекс мер, направленных на рациональное использование природных ресурсов и применение энерго-, и материалосберегающих технологий, на сохранение стабильности социальных и культурных систем, на обеспечение целостности биологических и физических природных систем.

Оптимальным инструментом для постепенного снижения влияния на окружающую среду может стать экодевелопмент (или «зеленое строительство»).

Одним из перспективных направлений в рамках экодевелопмента является BEM (Building Energy Modeling – энергомоделирование зданий). Энергомоделиро-

вание является инструментом экономической оценки энергоэффективности. Энергетическое моделирование позволяет создать симуляцию процесса годового цикла здания с расчетом потребления им энергоресурсов. Факторы, которые учитываются при энергомоделировании:

- архитектура здания;
- месторасположение здания;
- затенение окружающей застройкой;
- характеристики ограждающих конструкций здания (стены, кровля, окна, двери, фундамент и т.д.);
- график работы здания;
- типы и особенности инженерных систем;
- эффект от использования возобновляемых источников энергии.

Энергетическая модель позволяет:

- произвести оценку энергопотребления с учетом всех связей между элементами здания и потребителями энергии в текущих эксплуатационных условиях, а также максимально корректно определить будущие нагрузки на системы отопления, охлаждения и электроснабжения;
- проанализировать параметры воздушной среды в помещениях в течение всего года при функционировании систем, заложенных в проекте по энергетической модернизации;
- рассмотреть эффект от потенциально возможных энергоэффективных мероприятий, применяемых на объекте;
- спрогнозировать годовую стоимость эксплуатации здания с учетом применения энергоэффективных мероприятий (электричество, газ, горячее водоснабжение и т.д.).

При проведении экологической сертификации здания по «зеленым» стандартам расчет энергетической модели является обязательным. Энергомоделирование является одним из инструментов, применяемых в отечественной системе сертификации «GREEN ZOOM».

Существует различное программное обеспечение для энергомоделирования, наиболее удобным и легким в использовании является программа «IESVE». Также в данной программе предусмотрена функция, позволяющая контролировать соответствие любому из применяемых стандартов сертификации («GREEN ZOOM», «LEED», «BREEAM» и т.д.), а также формировать соответствующую отчетность.

В ходе работы по процедуре энергомоделирования зданий выполняются следующие этапы:

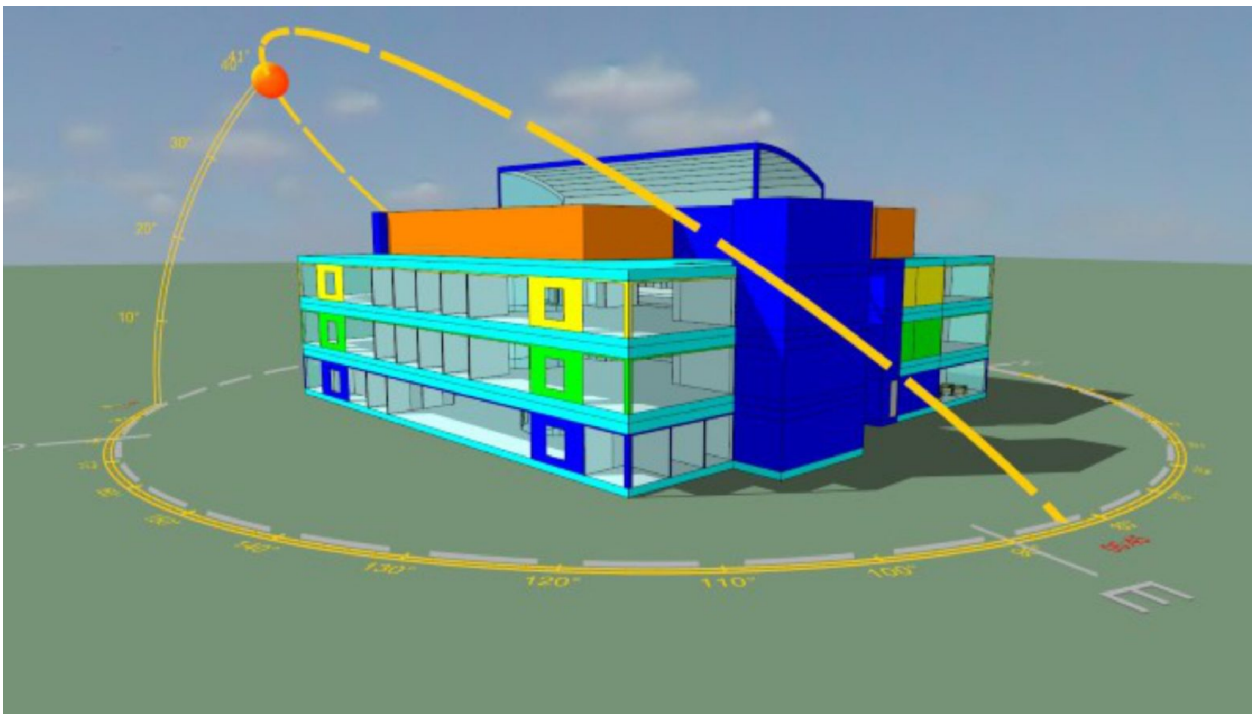

Рис. 1. Процесс моделирования при помощи программы «IESVE»

1) построение 3D-модели здания;

2) расчеты затенения окружающими объектами;

3) расчет нагрузок от солнечной радиации в зависимости от дня недели/месяца/сезона/года, географического положения и ориентации здания в пространстве;

4) расчет энергетических нагрузок и моделирования потоков энергии;

5) моделирование работы всех основных инженерных систем с детальным режимом регулирования.

Перечисленные выше расчеты позволяют смоделировать функционирование исследуемого объекта в течение расчетного года с учетом метеорологических условий, типичных для местности, которые подгружаются в специальном «погодном» файле, содержащем почасовые метеорологические данные, и накладываются на энергетическую модель здания. Данный файл учитывает почасовые изменения параметров окружающей среды с точностью до 10 минут и позволяет просчитать и получить достоверные данные о потреблении зданием электрической и тепловой энергии в течение эксплуатационного года, которые позволяют смоделировать работу всех систем.

Моделирование рекомендуется проводить на этапе проектирования. Это позволяет не только снизить инвестиции, но и своевременно откорректировать проектную документацию. Также стоит отметить, что тщательный и профессиональный подход к анализу инженерных систем позволяет достоверно определить энергозатраты в эксплуатируемых зданиях, а это дает службе эксплуатации и владельцу здания финансовые ориентиры к затратам.

Технология энергомоделирования является эффективным инструментом к усовершенствованию как проектируемых, так и эксплуатируемых зданий и сооружений.

В качестве примера энергетического моделирования уже эксплуатируемых зданий можно привести ситуацию в г. Заполярный и пос. Никель Мурманской области [4]. Несмотря на то, что город на 20 лет моложе поселка, ситуация с жилым фондом в этих населенных пунктах наблюдается похожая: преобладает типовая панельная многоэтажная застройка 1950–1970-х гг., когда градообразующие предприятия интенсивно развивались, а численность населения устойчиво росла.

Ниже приведены данные общей годовой стоимости энергоресурсов существующего и проектируемого варианта здания.

Проектируемое снижение затрат на тепловую энергию может быть достигнуто за счет принятия энергоэффективных решений, представленных в табл. 1, где также приведены рассчитанные автором данные по удельным эффектам от каждого решения.

После принятия перечисленных энергоэффективных решений могут быть дос-

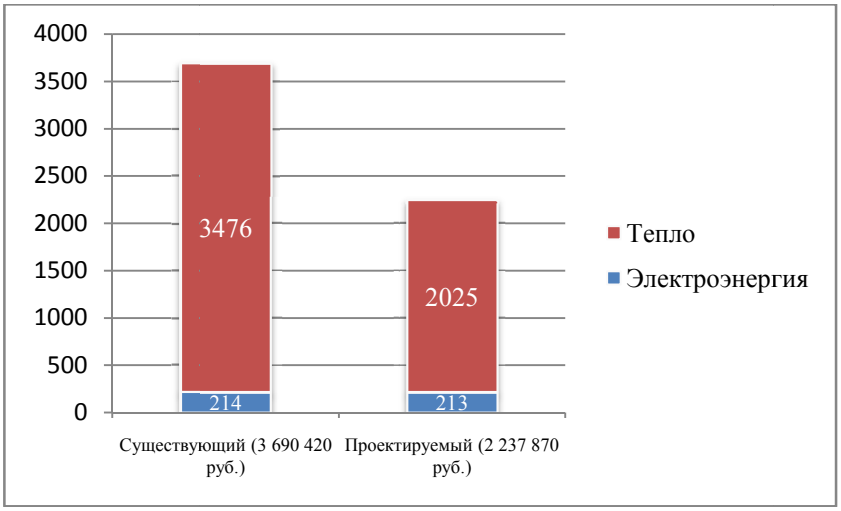

Рис. 2. Общая годовая стоимость энергоресурсов существующего и проектируемого варианта зданиям

Источник: [3].

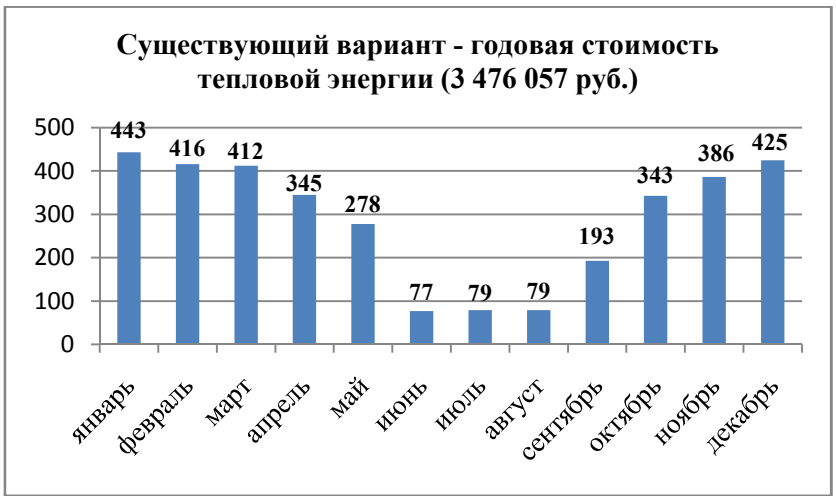

Рис. 3. Годовая стоимость тепловой энергии существующего варианта здания
Источник: [3].

Рис. 4. Годовая стоимость тепловой энергии проектируемого варианта здания
Источник: [3].

Таблица 1

Энергоэффективные решения

Энергоэффективное решение	Удельный эффект, в %
1. Замена окон с деревянными рамами на стеклопакеты, а также дверей тамбуров и люка выхода на кровлю	18,54
2. Установка клапанов инфильтрации воздуха (КИВ) (для исключения открывания форточек)	18,94
3. Герметизация трещин на внешних ограждающих конструкциях	0,48
4. Улучшение тепплотехнических характеристик внешних ограждающих конструкций дополнительным слоем теплоизолирующего материала	8,43
5. Применение эффективной водоразборной арматуры	4,09
6. Применение датчиков движения/присутствия на освещении в местах общего пользования	0,06
7. Установка терморегулирующих головок на радиаторы отопления в жилых помещениях и помещениях общества инвалидов	21,01

тигнуты результаты энергетического моделирования, описанные в табл. 2.

Эффективность энергопотребления была рассчитана по следующей формуле:

$$E = \left(\frac{Эб - Эп}{Эб}\right) * 100\% = x\%, \quad (1)$$

где $Э_б$ – годовое потребление энергоресурсов базовым вариантом здания,

$Э_п$ – годовое потребление энергоре-

Таблица 2

Результаты энергомоделирования и их эффективность

Вариант или отдельные решения	Энергопотребление, кВт*ч/год	Затраты на энергоресурсы, руб./год	Эффективность, %	
			по энергопотреблению	по затратам
Существующий	**1 486 888,97**	**3 690 419,56**	-	-
-Электроэнергия	138 482,53	214 362,69	-	-
-Тепловая энергия	1 348 406,44	3 476 056,87	-	-
Проектируемый	**922 871,82**	**2 237 869,74**	**37,93**	**39,36**
-Электроэнергия	137 250,46	212 616,49	0,89	0,81
-Тепловая энергия	785 621, 36	2 025 253,25	41,74	41,74

сурсов сертифицируемым (энергоэффективным) зданием (по нормативам на текущий год с учетом дополнительных мероприятий по повышению энергоэффективности и экологичности) [5].

По стандарту «GREEN ZOOM» для жилых зданий допустимым к сертификации является объект с эффективностью энергопотребления более 15%.

Из полученных данных очевидно, что наибольший вклад в экономию энергоресурсов способны внести решения, связанные с борьбой с избыточным отоплением (установка терморегулирующих головок на радиаторы в квартирах и общественных помещениях), а также исключение вынужденного излишнего проветривания за счёт открытия форточек, неплотного закрытия дверей или наличия инфильтрации через несовершенные ограждающие конструкции. При этом, одновременное внедрение решений обладает синергетическим влиянием на результат.

Применяя опыт по энергомоделированию зданий Мурманской области, аналогичные проекты можно реализовывать в других регионах страны, поскольку жилье, находящееся в эксплуатации более года, составляет большую часть жилищного фонда и подлежит энергомоделированию.

Проекты по повышению энергоэффективности городского строительства определенно должны одобряться, а, вероятно, и субсидироваться государством, поскольку они окажут положительное влияние на экономику регионов, а также страны в целом [1].

Таблица 3

Общая возможная экономия в масштабе пос. Никель и г. Заполярный

Отдельные энергоэффективные решения или проектный вариант	Экономия на затратах на энергоресурсы, млн руб./год	
	пос. Никель	г. Заполярный
1. Замена окон с деревянными рамами на стеклопакеты, а также дверей тамбуров и люка выхода на кровлю	21,23	27,44
2. Установка клапанов инфильтрации воздуха (КИВ) (для исключения открывания форточек)	21,69	28,03
3. Герметизация трещин на внешних ограждающих конструкциях	0,54	0,70
4. Улучшение тепплотехнических характеристик внешних ограждающих конструкций дополнительным слоем теплоизолирующего материала	9,65	12,48
5. Применение эффективной водоразборной арматуры	4,69	6,06
6. Применение датчиков движения/присутствия на освещении в местах общего пользования	0,07	0,09
7. Установка терморегулирующих головок на радиаторы отопления в жилых помещениях и помещениях общества инвалидов	24,06	31,11
Все решения	**114,52**	**148,04**

ЛИТЕРАТУРА

1. *Жеребцова О.В.* Перспективы экологизации регионального городского строительства // Актуальные проблемы науки и практики: Гатчинские чтения–2020: сб. науч. трудов по материалам VII Междунар. науч.-практ. кон. Гатчина: Изд-во ГИЭФПТ, 2020. С. 507–510.

2. *Жеребцова О.В.* Экономические аспекты повышения энергоэффективности при строительстве зданий и сооружений // Журнал правовых и экономических исследований. Journal of Legal and Economic Studies. 2021. № 1. С. 120–124.

3. Ежегодный отчет автономной некоммерческой организация «Научно-исследовательский институт устойчивого развития в строительстве» за 2020 год // GREEN ZOOM: [сайт]. URL: https://greenzoom.ru/page/niiurs/ (дата обращения: 27.07.2021)/

4. Официальный сайт автономной некоммерческой организации «Научно-исследовательский институт устойчивого развития в строительстве». URL: http://www.inpo-rus.ru/ (дата обращения: 25.07.2021).

5. Официальный сайт российской системы повышения энергоэффективности и экологичности объектов недвижимости «GREEN ZOOM». URL: https://greenzoom.ru (дата обращения: 19.08.2021).