

Моделирование энергопотребления зданий – краеугольный камень зеленого проектирования для инженеров

Н. А. Герасимов, канд. физ.-мат. наук, ведущий инженер-проектировщик систем ОВиК, компания AECOM



В последние годы сформировалась новая идеология подхода к решению вечной проблемы человека: как создать комфортную среду обитания, отличную и лучшую по сравнению с окружающей средой. Бурный рост строительной отрасли и промышленности в целом в течение XX века дал богатый материал для размышления и корректировки стратегии дальнейшего развития (Green BIM). Стало очевидным, что решение отдельных проблем «по мере поступления» неэффективно и влечет за собой множество долгосрочных отрицательных последствий¹. Анализ этих проблем заставил профессионалов разработать новую концепцию – Sustainable Development (гармоничное развитие)², принципы которой реализуют так называемые зеленые стандарты.

Моделирование энергопотребления здания

Реализацией принципов Sustainable Development в строительстве стали рейтинговые системы: LEED,

BREEAM, DGBN, Green Star и другие. Они не просто оценивают каждое здание на соответствие принципам sustainability, но и дают указания, что конкретно необходимо сделать в проекте и при эксплуатации, чтобы

здание стало сертифицированным.

Неотъемлемой частью всех рейтинговых систем является моделирование энергопотребления здания (Building Energy Modeling, далее – BEM).

¹ Так, нефтяное эмбарго 1973 года в США привело, в частности, к существенному сокращению нормативного количества наружного воздуха на человека до 10 м³/ч. За 30 лет это привело к проблеме, получившей название «синдром большого здания» (Sick Building Syndrome), широко обсуждаемой на государственном уровне (Sick building syndrome report, Standing Committee on Public Works, report 5207, Apr. 2001).

² К сожалению, в русском языке прижился некорректный перевод данного выражения «устойчивое развитие». Более близким является термин «гармоничное развитие», он отражает основной смысл идеи – учет всех составляющих в их взаимосвязи и развитии во времени.

ВЕМ – комплекс инженерных расчетов, демонстрирующий функционирование здания в течение года на уровне параметров, описывающих процессы потребления энергии. Ключевым словом здесь является «комплекс», энергомоделирование – это уровень расчетов, при котором учитываются все связи между элементами здания и потребителями энергии в актуальных условиях эксплуатации.

В рамках концепции гармоничного развития по-другому и быть не может. Оценочные расчеты по приближенным методикам не дают требуемой картины взаимодействия всех факторов и предоставляют только самые общие результаты. Моделирование – это всегда довольно сложный процесс, ВЕМ – не исключение. Оно выполняется в специализированных программах, алгоритмы которых основаны на физике процессов. В расчете участвует множество факторов и параметров, их грамотное введение в модель – основная задача инженера и залог правильности результатов. В конечном счете энергомоделирование – это мощный инструмент контроля качества принимаемых решений на всех этапах проектирования и даже эксплуатации здания с позиции его функционирования, экономичности и комфорта.

Необходимо четко понимать, что ВЕМ – это всего лишь инструмент в руках проектировщиков. Сам по себе он полезен лишь настолько, насколько опытен использующий его человек. Ответственность за результат, как и при любом другом расчете, лежит целиком на нем. В зарубежной практике уже достаточно давно существует система сертификации специалистов по энергомоделированию. Она проводится, например, ассоциациями ASHRAE в Америке и CIBSE в Англии. Любой специалист может пройти онлайн-тест и получить документ, признаваемый во всем мире.

Энергомоделирование – мощный инструмент контроля качества принимаемых решений на всех этапах проектирования и даже эксплуатации здания с позиции его функционирования, экономичности и комфорта

Аналогичную процедуру проходит и программное обеспечение. Разработан стандарт ASHRAE 140, которому должны удовлетворять все программы, чтобы иметь право быть использованными в расчетах в рамках сертификации по любой рейтинговой системе. Однако стоит отметить, что синтетические тесты содержат лишь самые простые случаи, призванные подтвердить работоспособность программ в целом. Реальные модели современных зданий намного сложнее, и разные программы будут давать разные результаты расчетов. Кроме того, каждая рейтинговая система устанавливает определенные рамки, в которых должно проводиться моделирование. Чтобы избежать недоура-

ний, необходимо ознакомиться с соответствующими рекомендациями.

Роль ВЕМ в современном проектировании

Долгие годы моделирование энергопотребления зданий развивалось как самостоятельное направление и раздел проектирования. Однако с формированием концепции гармоничного развития моделированию отведена роль одной из ключевых компонент. Вместе с технологиями информационного моделирования зданий (Building Information Modeling, BIM) и анализа жизненного цикла здания (Life Cost Analysis) оно является неотъемлемой частью проекта на всем его протяжении.



Бизнес-центр «Японский дом» в Москве (BREEAM In-Use «Хорошо»)

Ледовый дворец «Большой» в Сочи стал обладателем международного экологического сертификата BREEAM. При сертификации оценивались показатели энергоэффективности и применение зеленых технологий. Проекту присвоен третий уровень из пяти – «Very Good»



www.shutterstock.com/gallery-560944p1.html?cr=00&pl=edit-00 > Martynova Anna / Shutterstock.com

С помощью современного программного обеспечения, например Autodesk Vasari, сегодня стало возможным построение модели энергопотребления здания уже на этапе предпроектных решений. Основное внимание при этом уделяется компоновке здания, ориентации и взаимодействию с окружающей средой и климатом. Чаще всего эти работы выполняются архитекторами, имеющими соответствующий опыт и понимание принципов моделирования.

В ходе дальнейшего проектирования постоянно уточняются исходные данные для ВЕМ-расчетов, результаты которых, в свою очередь, служат для детализации архитектуры и определения влияния на здание в течение жизненного цикла. На стадии «Проект», как правило, расчеты уже выполняют инженеры, поскольку необходимо определить, какие инженерные системы лучше всего подходят для здания и каковы параметры их работы.

Проект при этом развивается циклически, проходя все разделы на определенном уровне проработки. В конце каждого этапа у команды имеется законченная модель здания, описывающая его с архитектурно-конструктивной, инженерной и экологической

стороны. Все компоненты и решения согласованы друг с другом, и участники четко видят, что необходимо делать дальше, не боясь вступить в противоречие.

Суть энергомоделирования

Как уже было сказано, основная задача, которая стоит перед проектировщиками, – это создание комфортной среды обитания для человека, обеспечиваемой архитектурными и инженерными системами здания. Чтобы рассчитать, что нужно сделать для обеспечения требуемого комфорта, необходимо учесть множество процессов, которые этому препятствуют или способствуют.

Из краткой схемы моделирования (рис. 1) видно, что в расчет включены все основные факторы и механизмы взаимодействия, которые имеют место в реальности. По сути, в ходе проектирования создается некая математическая модель, отражающая работу здания в реальных условиях, – модель энергопотребления здания (Building Energy Model), которая включает в себя архитектурную модель, связывая ее с инженерными системами. Эта связь описана в математических алгоритмах, на которых построена программа расчета. У инженеров нет необходимости вводить эти алгоритмы, но тем более ответственным является ввод начальных данных.



Рис. 1. Краткая схема моделирования

³ Подробнее о категориях смотрите в полной версии статьи на сайте www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5852.

Все компоненты модели могут быть объединены в 4 основные категории³:

■ **Погодные данные** – массив параметров окружающей среды, таких как температура, влажность, давление, скорость ветра, значение солнечной радиации. Для детального моделирования здания требуется детальная модель окружающей среды. В мировой практике используются массивы почасовых значений каждого параметра.

■ **Геометрия здания и окружения.** В геометрическую модель входят только элементы, участвующие в процессах теплообмена: внешние и внутренние ограждающие конструкции, элементы внутренней тепловой инерции, затеняющие элементы здания и окружения. Обязательными являются базовые параметры: плотность, толщина слоя, теплопроводность, теплоемкость и коэффициенты отражения видимого и ИК-излучения.

■ **«Расписания» внутренних параметров:** почасовые значения параметров модели, заменяющие стационарные величины, например расчетную температуру в помещении. Различают 2 вида «расписаний»: задающие внутренние нагрузки (количество людей (рис. 2), потребление электричества системами освещения и оборудованием, потребление воды) и внутренние параметры (микроклимат в помещениях, параметры работы инженерных систем (рис. 3) и др.).

■ **Модели систем и оборудования** – часть математических алгоритмов, заложенных в BEM-программы. Ввиду большой сложности инженерных систем по сравнению с той же архитектурной составляющей, в большинстве программ предусмотрено 2 уровня их детализации: шаблонный и поэлементный.

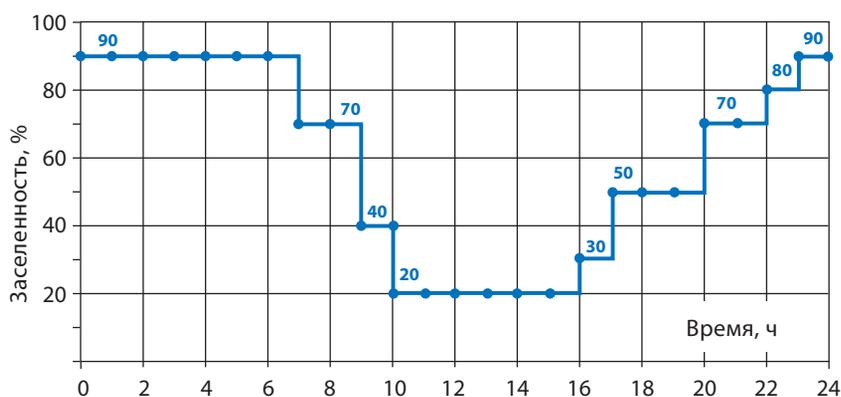


Рис. 2. Суточный профиль заселенности номеров гостиницы по ASHRAE

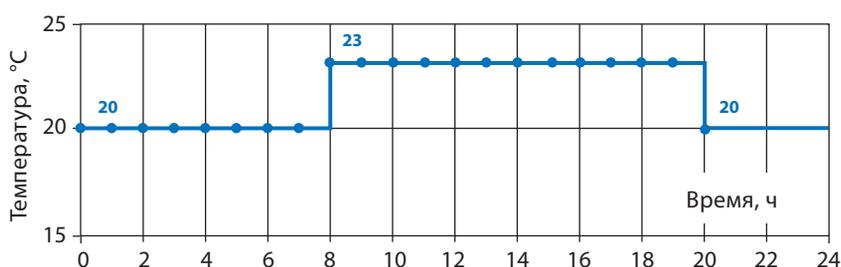


Рис. 3. Профиль термостата с функцией ночного охлаждения

Применение в реальных условиях

Принципы, заложенные в понятие гармоничного развития, очень далеки от общепринятой практики проектирования, и гнаться за их повсеместным применением на сегодняшнем этапе нет смысла. Однако энергомоделирование долгие годы существовало и при «классическом» подходе к проектированию. В этом случае оно дополняет раздел «Энергоэффективность» с точки зрения российских норм. Именно дополняет, т. к. расчеты этого раздела выполняются не методами моделирования, и их результаты экспертиза совершенно законно не примет. Но применение технологии BEM в проекте позволит связать все разделы в одну модель и принимать решения, основанные на результатах строгих математических расчетов.

Это, конечно, потребует дополнительного времени и трудозатрат. Из практического опыта автор может сказать, что чаще всего модели энергопотребления строятся инженерами ОВ или ЭФ. Геометрию здания при этом приходится вводить вручную, используя архитектуру как «подложку». При этом «интуитивных» знаний недостаточно. Чтобы эффективно использовать инструменты BEM и быть уверенным в правильности результатов, необходимо четко представлять, как работает данная технология.

К сожалению, на русском языке нет материалов, которые бы помогли в изучении моделирования энергопотребления, а доступные материалы на английском разрозненны, т. к. в зарубежной практике оно из разряда само собой разумеющегося. Автор рекомендует для начала ознакомиться с руководством

⁴ Дополнительные материалы и новости по теме энергомоделирования на русском языке и ссылки на интересные ресурсы см. на сайте www.russianbem.blogspot.com. – Прим. автора.

к американской программе eQUEST, в нем довольно последовательно и на конкретных примерах показаны основы построения BEM-модели и ее оптимизации⁴.

Применение BEM для зеленой сертификации

Моделирование для сертификации по рейтинговой системе лучше всего доверить профессионалам. Система BREEAM даже прямо указывает на то, что моделирование должно выполняться только сертифицированным специалистом. В России постепенно появляются компании, предоставляющие подобные услуги, например компания AECOM, которая является соразработчиком стандартов LEED и BREEAM. При этом необходимо помнить, что моделирование должно проводиться с первых этапов проекта, в противном случае может оказаться, что уже законченный проект не проходит по требованиям той или иной рейтинговой системы. Особенно критично это

для американской системы LEED, где исторически сложился серьезный перевес в сторону экономии энерго-ресурсов.

Для того чтобы сертифицировать российское здание по любой зарубежной системе, необходимо выполнить энергомоделирование. При этом доля баллов, за которые оно отвечает, составляет примерно 30 % от общего количества. Так, в системе LEED возможно получение 19 из 110 баллов только за прямую экономию энергии по сравнению с базовым уровнем. Но не одна энергоэффективность является результатом моделирования. Теоретически возможно набрать еще 20 баллов на основе расчетов модели энергопотребления зданий. Это баллы, отвечающие за водосбережение, возобновляемую энергию, качество внутреннего воздуха, инновации, привлечение сертифицированных специалистов.

В системе BREEAM ситуация несколько более запутанная, т. к.

помимо общего числа баллов в ней еще применяется взвешивание. За сбережение энергии и уменьшение выбросов CO₂ возможно набрать 15 баллов из 30 в секции. По результатам моделирования также можно набрать еще 3 балла при применении инновационных технологий аккумуляции холода, 5 из 9 баллов за водосбережение, 8 из 10 для внутреннего комфорта и 2 из 10 за инновации. С учетом веса каждой секции в общей оценке итоговый процент может составить 28,4 % при необходимых 85 % для получения сертификата «Outstanding».

Несколько особняком стоит первая российская рейтинговая система, разработанная СТО НОСТРОЙ и приведенная в документе за номером 2.35.4–2011. Она целиком основывается на существующей нормативной базе и повторяет ее логику. В частности, для пунктов, характеризующих энергопотребление здания, приведены только базовые конечные значения, но совершенно не оговаривается, как эти значения



Штаб-квартира компании Siemens в Москве (LEED «Золотой»)

рассчитываются. Так, устанавливается базовый уровень потребления тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания в течение отопительного периода.

В российских нормах есть методика расчета этого показателя, но она основывается на величинах, усредненных по всему отопительному периоду, и не принимает во внимание динамические эффекты. По опыту автора, расхождение между такой методикой и результатами энергомоделирования может достигать 30 %, ручные расчеты при этом, разумеется, завышают расход энергии. Формально системой принимаются оба результата.

То же относится и к определению естественной освещенности помещений: нормативные методики содержат лишь ручные расчеты, дающие приближенное представление об уровне освещенности, тогда как программы моделирования могут учитывать даже свет, отраженный от стоящих вокруг зданий, что, при нынешней популярности стеклянных фасадов, может оказать существенное влияние. Суммарно параметры, которые могут быть рассчитаны с помощью энергомоделирования, отвечают за 210 баллов из 650 возможных.

Интересно отметить, что при всей мощи данной технологии ее реализация возможна на бесплатных программах. Так, для создания геометрии все чаще используется программа SketchUp, для которой написана масса модулей для построения модели энергопотребления, например Open Studio. Расчеты при этом ведутся в одной из самых мощных программ для моделирования Energy Plus. Но, как и во многих других бесплатных программах, от инженера при этом требуется довольно детальное знание предмета и терпение при вводе исходных данных.

Расчеты для сертификации здания представляют особую сложность, т. к. их необходимо проводить в строгом соответствии с предписаниями каждой рейтинговой системы. Более того, по сути, моделирование необходимо проводить дважды: для определения базового уровня на основе типового здания и для актуального проекта. Только тогда можно делать корректные выводы о том, насколько удалось сократить потребление ресурсов. Такая методика радикально отличается от отечественной практики, где отчет ведется от некоего среднестатистического уровня, общего для всех зданий.

Итак энергомоделирование – это целая отрасль, но оно не стоит особняком, а может стать весьма полезным дополнением к любому проекту. Возможность построить и рассчитать единую модель здания в актуальных условиях эксплуатации, с учетом динамики и реальной физики процессов, дает огромные возможности для принятия проектных решений и контроля их качества. Почасовые профили холодильных и отопительных нагрузок, эффективность рекуперации и тепловых насосов, естественное освещение и влияние на соседние здания, оптимальная ориентация и состав ограждающих конструкций – целый комплекс инженерных расчетов, которые невозможно провести вручную. Но главное, в ходе работы возможен выбор из многих вариантов и их компоновка, и это не потребует начинать все заново, как в ручных расчетах. Автоматизация вычислений при этом не освобождает от необходимости тщательной подготовки исходных данных. Главную роль при этом играет специалист, выполняющий моделирование, и уровень его подготовки. И таким специалистом может стать каждый, при достаточном желании, времени и знании английского языка. ■

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ «ПУЛЬСАР»

ДИСПЕТЧЕРСКАЯ

Радиоканал

Радиоканал

RS485

Радиоканал

GSM/GPRS

Счетчик воды «Пulsар» с радиовыходом

Квартирный теплосчетчик «Пulsар»

Распределитель тепла «Пulsар»

GSM/GPRS модем «Пulsар»

ТЕПЛОДОХРАН
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

ООО НПП «ТЕПЛОДОХРАН» 390027, г. Рязань, ул. Новая, д. 51В.
Тел./факс: (4912) 24-02-70. E-mail: info@teplodokhran.ru
www.teplodokhran.ru

Реклама