

# Цели, возможности и ограничения моделирования

## Проблема #1

У некоторых потенциальных заказчиков на рынке существует ошибочное представление о возможностях энергетического моделирования и той ценности, которую оно в себе несет. Это приводит к тому, что заказчик может неправильно представлять ценность (а вместе с этим и стоимость) работ, он может оказаться разочарован в результате работы, ошибочно полагая, что кто-то где-то может сделать по-другому, лучше, точнее и дешевле.

Поэтому необходимо создавать у заказчика адекватную картину о возможностях энергетического моделирования из данных.

## Ограничения

Важно понимать, что энергетическое моделирование является прежде всего инструментом сравнительного анализа, а не прогнозирования. Моделирование позволяет определяться с выбором между двумя системами, выгоды которых перед друг другом не всегда очевидны в сложной системе. Энергетическое моделирование позволяет как раз увидеть величину этой относительной выгоды.

Дисклеймер, который можно использовать в наших проектах:

### Disclaimer

Результаты энергомоделирования, выполняемого по методике ASHRAE 90.1 - 2013, не могут быть использованы для прогнозирования фактического годового энергопотребления здания. Представленные результаты используются только для сравнительного анализа конкретных показателей здания при прочих равных условиях. Энергопотребление построенного здания может отличаться по многим причинам: реальное время присутствия людей в помещениях, реальное время работы и обслуживания инженерного оборудования, климатические условия, энергопотребители, не учтённые в рамках настоящей процедуры моделирования, погрешность вычисления в программе для энергомоделирования зданий и др. (см. ASHRAE 90.1 - 2013, Appendix G, пункт G1.2 "Neither the proposed building performance nor the baseline building performance are predictions of actual energy consumption or costs for the proposed design after construction. Actual experience will differ from these calculations due to variations such as occupancy, building operation and

maintenance, weather, energy use not covered by this procedure, changes in energy rates between design of the building and occupancy, and the precision of the calculation tool.")

## Методология

Современные здания это крайне сложный, постоянно меняющийся объект со множеством параметров, многие из которых практически невозможно знать заранее (как, например, погода и даже количество тепла, выделяемого посетителями здания в каждый час года), но которые оказывают существенное влияние на энергопотребление здания. Постоянно меняющаяся в течение года природа этих явлений требует огромного количества вычислений, что невозможно себе представить без компьютерных технологий.

Математическая модель это всегда абстракция, а абстракция - это отказ от сложной системы в пользу более простой, с ограниченным количеством элементов, где взаимодействие этих элементов можно описать физически и/или математически.

Абстрагируясь от характеристик, которые не оказывают значительного влияния на энергопотребление здания, мы получаем модель, поведение которой можно описать математически.

Таким образом наша модель - это набор некоторых упрощений и допущений, которые делают возможным работать с данными компьютеру.

Очевидно, что чем больше неопределенности со стороны реальных параметров здания и чем больше абстракции с нашей стороны - тем дальше друг от друга будет расходиться реальное поведение нашего физического объекта (здания) и его модели.

Получается, что методология энергетического моделирования не может быть использована для прогнозирования реального потребления энергии зданием. Как же быть?

Энергетическое моделирование в первую очередь используется для сравнительного анализа: раз мы не можем сравнивать реальное здание с абстрактной моделью (потому что слишком много параметров непредсказуемо разнятся между ними), мы совершенно справедливо можем сравнивать одну абстрактную модель с другой абстрактной моделью, где отличия между ними параметры будут полностью под нашим контролем и оказывать предсказуемое влияние.

## Окупаемость

Представим, что у заказчика есть задача: выбрать между инженерным решением А и Б.

- Решение А стоит  $X_A$  денежных единиц

- Решение Б стоит  $X_B$  денежных единиц

Мы можем построить две энергетических модели, где первая будет включать решение А, а вторая будет включать в себя решение Б. В результате мы получим годовое энергопотребление (по всем видам систем), и увидим, что, скажем, здание А потратило за год на 1000 единиц энергии меньше, чем здание Б. Предположим, что 1 единица энергии у нас стоит 1 денежную единицу. Тогда система А позволяет сэкономить 1000 денежных единиц в год.

Допустим, что решение А само по себе стоит  $X_A = 100,000$  д.е. , а решение Б  $X_B = 90,000$  д.е.

**Получается, что разница в стоимости между решениями 10 тыс. денежных единиц, а это значит, что более дорогое решение отбьет свою завышенную стоимость только через 10 лет (при экономии 1000 д.е. в год), что довольно таки долго и заказчик вряд ли согласится на такое, а потому резонно отдаст предпочтение более дешевому варианту Б.**

## Калибровка модели

Каким же образом мы можем строить модели, которые могли бы отражать реальность максимально близко? Для этого существует методика, но только для эксплуатирующихся зданий - Calibration of existing building model. Каким образом мы можем приблизить параметры, которые находятся за пределами нашего знания (такие как почасовые погодные условия, изменяющиеся теплопритоки от постоянно уходящих-приходящих людей в здании, переменные теплопритоки от оборудования, погрешности в качестве ограждающих конструкций, сквозняки и окна, которые из-за духоты могут открывать пользователи)? Только с помощью имперических значений, полученных за год полноценной эксплуатации здания.

## Скоуп работ

1. Привлечение специалиста по энергомоделированию для разработки концепции и ТЗ на стадию П. На этом этапе прорабатывается очень много масштабных решений, таких как: процент остекления, наружные светозащитные устройства, ориентация и форм-фактор здания, его этажность и др.
2. После того как заказчик определился с тем, что он хочет и его все устраивать - начинается разработка проекта на стадии П. В основе лежит ТЗ, которое было подготовлено ранее вместе со специалистом по энергомоделированию и которое регламентирует общие решения, которые проектировщикам стадии П следует предусмотреть. Неизбежно, на этом этапе будут происходить изменения, которые необходимо будет прогнать через модель: сравнить модель до изменений и после,

чтобы оценить последствия. Заканчивается стадия П успешным прохождением государственной экспертизы.

3. Проектирование стадии Р. Рабочая стадия не должна серьезно отклоняться от согласованного в государственной экспертизе проекта, поэтому изменений здесь предвещается мало. Если изменений нет, то самое важное, что здесь происходит - это подбор оборудования, которое уже будет реально закупаться. На стадии П тоже могло быть подобрано оборудование, но совершенно нельзя быть уверенным, типоразмеры установок и их количество останетсЯ таким же на стадии П. Стадия П не требует детализированной трассировки систем отопления и вентиляции, что позволяет ограничиться принципиальными схемами, которые в свою очередь, не позволяют выполнить гидравлический расчет, а значит и реалистично подобрать размер и количество оборудования систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.
4. Строительство обычно идет параллельно проектированию и в последние месяцы строительства проводится так называемые ПНР (пуско-наладочные работы), цель которых состоит в том, чтобы сбалансировать гидравлику систем отопления и вентиляции и уделится, что системы работают в соответствии с проектными параметрами и подают необходимые расходы, адекватно реагируя на нештатные ситуации вроде выхода из строя части оборудования в системах. Со стороны зарубежных зеленых стандартов к ПНР добавляется процедура **Commissioning**, которая по большей части выполняет функции ПНР на западе. В отечественных реалиях коммисининг (не коммиссионинг) должен дополнять пуско-наладочные работы за счет более подробного сбора документации и проведения дополнительного стрессового тестирования системы (выключение компрессоров или перекрытие хода хладоносителя во время работы системы холодоснабжения; отключение калорифера во время работы системы вентиляции и т.д.). Документации требуется больше, потому что к заполнению тербуется так называемые чек-листы, которые представляю из себя опросные листы, содержащие информацию о системах и оборудования. Делаются они с целью, чтобы у заказчика была документация, однотипная и собранная в одном месте, которая полностью бы описывали инженерное оборудование, заложенное в процессе строительства. Таким образом у заказчика будет всегда актуальная информация в случае необходимости вносить какие-либо изменения в систему.

## Exceptional calculations

Т.н. "исключительные расчеты" - это расчеты, которые невозможно выполнить в программе по энергетическому моделированию зданий и которые требуется выполнить в ручную, используя excel или другие программы. Чаще всего необходимость исключительных расчетов связана с наличием на объекте производств или особенных инженерных систем. Первое невозможно отразить в модели в принципе, но, например,

для LEED exceptional calculations могут быть просто значения, полученные от технолога, отражающие годовые затраты на процесс; такое потребление должно быть отражено в Baseline и Proposed зданиях одинаково, если только нет причин утверждать, что в производстве применены некие исключительные энергоэффективные технологии и понятно, какого было бы потребление **без них**. Второе же, особенные инженерные системы, как, например, Ground source heat pump, GSHP, (Геотермальный тепловой насос), могут потребовать дополнительного ПО для расчета энергетической выгоды. Теплопередача между трубами теплообменника и землей на глубине нескольких метров - довольно сложный для моделирования процесс, хотя DesignBuilder предоставляет некоторые инструменты для этого. Однако лучше найти специализированное ПО под задачи или попросить выполнить необходимые расчеты поставщика оборудования. Увлажнение воздуха также относится к exceptional calculations, потому как Appendix G никак не регламентирует системы со встроенным увлажнением (см. [Определения](#)). В методологии моделирования базовых отсутствует упоминание систем увлажнения, а ведь это очень критично. Такие системы могут потреблять разное количество влаги и иметь различную эффективность, не считая того, что есть две больших группы увлажнителей: паровые (увлажнение по изотерме) и адиабатные (сотовые и форсуночные увлажнители, которые охлаждают воздух и, считается, увлажняют до ~95%).

### ⚠ Не точно

Подозреваю, что увлажнение LEED и ASHRAE относят скорее к производственным нуждам и, поэтому, рекомендуют относить его к Exceptional calculations

<https://leeduser.buildinggreen.com/forum/modeling-humidifier-baseline-case>

🕒 August 11, 2014 - 10:43 am

I have deleted my original comment after digging into this a bit more.

Humidification is considered a process load. As such not only must the process be modeled identically but the energy use must also be identical (i.e. energy neutral). Claiming this savings would violate that requirement.

Based on the prescriptive requirements within Section 6.5.1 it appears that exception c applies to your situation. Because of this exception and the fact that the process must be identical you should not be modeling economizer in the areas with humidification in the Baseline.



**Marcus Sheffer**

LEED Fellow  
7group / Energy Opportunities  
👑 LEEDuser Expert  
5792 thumbs up

🕒 August 11, 2014 - 2:27 pm

Technically you should follow the exceptional calculation method to show process load savings related to humidification. If the savings are relatively small you could probably forego this formality and provide a narrative explanation for the savings and how it was modeled. Some small level of savings related to the systems install and in the baseline should be OK. If the savings are large you should probably do the exceptional calculation. To do so run the models with and without the humidification and show the savings as the difference.



**Marcus Sheffer**

LEED Fellow  
7group / Energy Opportunities  
👑 LEEDuser Expert  
5792 thumbs up