

АННОТАЦИЯ

Для оценки энергопотребления здания в процессе энергоаудита предлагается ввести критерий энергоэффективности, отражающий нерациональные потери тепловой энергии обследуемого здания. Для проведения экспресс-энергоаудита с использованием предлагаемого критерия в Институте энергетики НАН Беларуси создан специальный программный комплекс.

ANNOTATION

It has been proposed to introduce the energy efficiency criterion during the energy audit to estimate the energy consumption of the building. This criterion reflects the unsustainable energy losses of the examined building. A special software package has been created at the Institute of Power Engineering NAS of Belarus for calculation of this criterion.

Об одном критерии оценки энергоэффективности здания

Г. Я. Волков, к.т.н., директор ОДО «Энергогент»,

Г. М. Дмитриев, к.т.н., директор ГП «Институт энергетики НАН Беларуси»

Для оценки энергопотребления здания в процессе энергоаудита предлагается ввести критерий энергоэффективности, отражающий нерациональные потери тепловой энергии обследуемого здания. Для проведения экспресс-энергоаудита с использованием предлагаемого критерия в Институте энергетики НАН Беларуси создан специальный программный комплекс.

Каким критерием оценить энергоэффективность здания? Без преувеличения можно сказать, что над этим вопросом задумывались многие специалисты, причём не только энергетики, но и строители, инвесторы, да и просто те, кто живут в здании или эксплуатируют его.

В настоящее время в нашей стране и за рубежом основным критерием оценки энергоэффективности здания служат удельные показатели потребления энергии на единицу объёма (площади). Несомненно, это важные показатели. Особенно для тех, кто собирается покупать (продавать, арендовать) здание или его часть. Однако для тех, кто не думает над проблемами купли-продажи, эти показатели оказываются не самыми главными. Они находятся в этом здании, и основная задача, которая стоит перед ними, состоит в том, чтобы решить вопрос: стоит ли улучшать энергетическую систему здания и насколько хороша существующая система?

Для таких целей нужны несколько иные критерии. В нормативных документах Российской Федерации [1] предлагается для отдельных систем (например, отопления) ввести коэффициенты энергетической эффективности, которые позволяют учесть влияние на энергетическую систему состояние отдельных её элементов. Однако предлагаемая в [1] реализация такого, в целом

и не плохого, подхода представляется слишком грубой и, более того, примитивной, поскольку не предполагает использования возможностей современной науки.

Европейский нормативный документ ISO 13790 [2] предлагает воспользоваться таким показателем, как коэффициент использования энергии, например, отопительного периода — $\eta_{G,H}$

$$\eta_{G,H} = (Q_{L,H} - Q_{N,H}) / Q_{G,H} \quad (1)$$

где $Q_{G,H}$ — количество энергии, поступающей от теплоисточника (теплосети);

$Q_{L,H}$ — общее количество тепловой энергии, потребляемой зданием;

$Q_{N,H}$ — количество энергии, необходимой для здания.

Предлагаемый подход позволяет учесть не только теплоту от основного теплоисточника, но и теплоту, например, от солнечной радиации, а также теплоту, которую можно получить за счёт внедрения энергосберегающих мероприятий, а также учесть нестационарность и инерционные эффекты здания. К сожалению, ISO 13790 плохо применим в работе энергоаудиторов.

Предложено ввести коэффициент, который позволяет учесть как возможность внедрения в энергетическую систему предлагаемых улучшений, так и положительные стороны критерия ISO 13790. Назовём его *коэффициентом энергетической эффективности здания* (сокращённо КЭЭЗ). Следует особо отметить, что, поскольку в расчёте присутствуют данные о годовом потреблении энергии, достаточно трудно без применения современных методов вычислительной техники и строительной теплофизики правильно оценить эти показатели.

В основе критерия КЭЭЗ лежит понятие *нерациональных потерь энергии*. **Нерациональные потери энергии** — часть поступающей в здание энергии, снижение которой экономически и технически целесообразно.

Основной задачей при проведении энергетических аудитов является выявление источников потерь энергии зданием и снижение этих потерь. Оценить же эффективность использования энергии зданием позволяет КЭЭЗ. При этом, если $KЭЭЗ = 1$, то речь идёт об абсолютно энергоэффективном здании, то есть в котором нет нерациональных потерь энергии. В подавляющем большинстве случаев $KЭЭЗ < 1$. Этот коэффициент зависит не только от характеристик самого здания, но и от качества проведения энергетического аудита. Поэтому термин «абсолютно энергоэффективное здание» в любом случае субъективен. Применение компьютерной программы позволит повысить достоверность определения коэффициента энергоэффективности здания.

Предположим, что здание потребляет в год количество энергии, равное Q_0 (МВт·ч). Назовём этот год начальным. В дальнейшем будем пытаться улучшить энергетическую систему здания, внедряя найденные нами технические решения. Если мы внедрим техническое решение 1 или, другими словами, трансформируем существующую энергетическую систему здания, внедрив трансформацию 1, то в первый год после внедрения трансформации здание потребит количество энергии Q_1 . В общем виде можно сказать, что если каждый год, включая начальный, внедрять трансформации, то в i -м году здание потребит энергию в объёме Q_i .

Если предположить, что вся программа внедрения трансформаций рассчитана на n -лет, то в n -й год потребление энергии зданием составит Q_n . При этом $KЭЭЗ_n$ ($KЭЭЗ_i$ — значение $KЭЭЗ$ i -го года) станет равным 1. После внедрения всех трансформаций мы получили абсолютно энергоэффективное здание. $KЭЭЗ$ в $(n-1)$ год равен:

$$KЭЭЗ_{(n-1)} = 1 - (Q_{(n-1)} - Q_n) / Q_n = 1 - \Delta Q_{(n-1)} / Q_n, \quad (2)$$

где $\Delta Q_{(n-1)} = (Q_{(n-1)} - Q_n)$ — не что иное, как годовая экономия энергии от внедрения n -й трансформации.

$KЭЭЗ$ в i -й год определится по формуле:

$$KЭЭЗ_i = KЭЭЗ_{(i+1)} - (Q_i - Q_{(i+1)}) / Q_n = KЭЭЗ_{(i+1)} - \Delta Q_i / Q_n, \quad (3)$$

где ΔQ_i — годовая экономия энергии от внедрения i -й трансформации.

Каким же образом предполагается рассчитывать годовую экономию энергии? Разработанный в ГП «Институт энергетики НАН Беларуси» в сотрудничестве с предприятием «Энергогент» программный продукт (программный комплекс) позволяет на основе моделирования энергетических систем зданий ускоренным способом решить эту задачу.

Фактически достаточно провести экспресс-энергоаудит здания, с достаточно высокой степенью достовер-

ности рассчитать коэффициент его энергоэффективности и подобрать технические решения по достижению оптимального значения этого коэффициента.

Рассмотрим применение программного комплекса при проведении экспресс-энергоаудита административного здания.

В её основе лежит однозонная модель здания. В ней оно представляется как одно помещение с 4 стенами (по одной на фасад). При этом каждая инженерная система (отопление, вентиляция, горячее водоснабжение и т. п.) в модели представлена как единый чёрный ящик. Например, система отопления — одним нагревательным прибором, мощность которого соответствует мощности всей системы отопления.

Каждое наружное ограждение состоит из элементов: стена, окна, двери. В зоне имеется пол (на грунте либо над подпольем) и одно покрытие. Каждый элемент наружного ограждения связан своими параметрами с характеристиками аналогичных элементов в базе оборудования.

Модель позволяет проводить анализ однозонного помещения при различных исходных данных.

Шаг 1. Ввод исходных данных о состоянии энергетической системы

1. Температура наружного воздуха.
 - 1.1. Постоянная, например, расчётная температура холодного периода.
 - 1.2. Переменная, в соответствии с климатической таблицей температур наружного воздуха.
2. ИТП — индивидуальный тепловой пункт.
 - 2.1. ИТП с нерегулируемым элеваторным узлом.
 - 2.2. ИТП с трёхходовым клапаном и насосом на подмешивании.
3. Термическое сопротивление ограждающих конструкций.
 - 3.1. Фактическое сопротивление ограждающих конструкций.
 - 3.2. Нормируемое сопротивление ограждающих конструкций.
4. Вентиляция.
 - 4.1. Без утилизации теплоты вытяжного воздуха.
 - 4.2. С системой утилизации теплоты.
 - 4.3. Без подогрева приточного воздуха (естественный приток).
 - 4.4. С подогревом приточного воздуха (включённым калорифером).
5. Источник энергии — теплосеть с подачей теплоносителя по графику центрального качественного регулирования (ЦКР).

6. Строительные конструкции — геометрические размеры стен, окон, дверей (по каждому фасаду), полов и покрытий и их теплотехнические характеристики. Каждое здание описывается всего одной строкой в базе данных оборудования.

Шаг 2. Подбор технических решений по снижению энергопотребления

Этот шаг мы называем подготовкой трансформаций. В программе имеется их перечень (см. рис. 1). Задача пользователя состоит в том, чтобы выбрать из перечня требуемые технические решения и проставить год, в котором это техническое решение будет внедрено (см. рис. 2).

Имя	Имя трансформации	Год внедрения
1	Трансформация_1 Установка автоматизированного ИТП	2014
2	Трансформация_2 Замена окон на стеклопакеты	2014
3	Трансформация_3 Утепление стен	2016
4	Трансформация_4 Утепление покрытия	2016
5	Трансформация_5 Установка утилизаторов теплоты вытяж...	2017
6	Трансформация_6 Установка термостатов на приборах отопл...	2018
7	Трансформация_7 ТРАНСФОРМАЦИЯ: Произвольная трансф...	2020

Рис. 1. Таблица возможных трансформаций

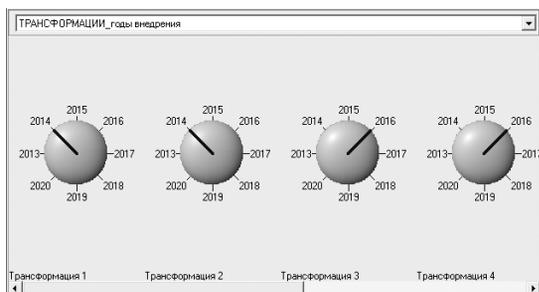


Рис. 2. Настройка года внедрения трансформаций

Шаг 3. Расчёт

Запускаем программу на счёт, предварительно задав годы, для которых эти расчёты проводятся (планируемый период). Если какая-то трансформация нами не производится, то мы выносим её за период расчёта; если какое-то решение уже выполнено, то мы можем вынести его в так называемый «нулевой год».

Во время счёта результаты можно просматривать в отчётах в виде осциллограмм (см. рис. 3), диаграмм и т. д.

Шаг 4. Анализ результатов

По результатам расчёта получаем сводную таблицу (см. рис. 4), в которой можно найти не только годовое потребление энергии в начальный и каждый последующий годы, но и соответствующие им значения КЭЭЗ. Из рис. 4 следует, что в начальный (нулевой) год $КЭЭЗ_0 = 0,24$. На последний год значение КЭЭЗ всегда равно 1.

Следует отметить, что в настоящее время программа позволяет оценивать только энергетические показате-

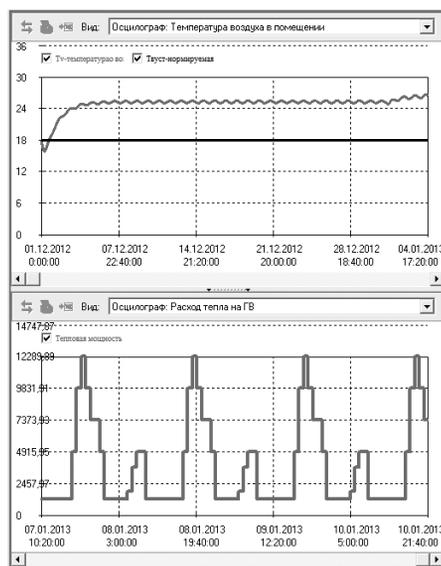


Рис. 3. Примеры отображения результатов расчёта в виде осциллограмм

Параметр	Размерность	Значение
1	Год 1	2013
2	Годовой расход энергии 1	МВт*ч 932,6175
3	Год 2	2014
4	Годовой расход энергии 2	МВт*ч 504,1524
5	Год 3	2015
6	Годовой расход энергии 3	МВт*ч 505,6104
7	Год 4	2016
8	Годовой расход энергии 4	МВт*ч 259,9321
9	Год 5	2017
10	Годовой расход энергии 5	МВт*ч 224,0385
11	Год 6	2018
12	Годовой расход энергии 6	МВт*ч 223,5858
13	Год 7	2019
14	Годовой расход энергии 7	МВт*ч 223,5858
15	КЭЭЗ 0	0,2396
16	КЭЭЗ 1	0,6991
17	КЭЭЗ 2	0,6975
18	КЭЭЗ 3	0,9609
19	КЭЭЗ 4	0,9994
20	КЭЭЗ 5	0,9999
21	КЭЭЗ 6	1

Рис. 4. Сводная таблица проведения экспресс-энергоаудита с оценкой КЭЭЗ

тели отдельных технических решений. Экономический анализ проводится в других программах.

Выводы

Время, затрачиваемое на энергоаудит здания, можно значительно сократить, если в процессе проведения энергоаудита использовать критерий его энергоэффективности, рассчитываемый с помощью специальной компьютерной программы. При этом достоверность оценки эффективности предлагаемых мероприятий значительно повышается.

ЭИИМ

Литература

1. Проектирование тепловой защиты зданий. СП 23-101-2004. — СПб.: Издательство ДЕАН, 2007. — 320 с.
2. Vincenzo Corrado, Houcem Eddine Mechri and Enrico Fabrizio. Building energy performance assessment through simplified application of the iso 13790 quasi-steady state method. — Proceedings: Building Simulation, 2007. — PP. 79–86.