

К.Э. Гаркуша,  
эксперт-энергоаудитор

И.В. Войтехович,  
руководитель проекта  
Всемирного банка

# ЭКОНОМИМ БОЛЬШЕ, ЧЕМ ПОТРЕБЛЯЕМ?



Фото sb.by

В международных проектах по повышению энергоэффективности зданий, как правило, реализуется пакетный принцип энергосберегающих мероприятий, для чего устанавливаются минимальные требования к расчетному энергосбережению, а в некоторых случаях – к сроку окупаемости пакета. Для выбора удовлетворяющих этим требованиям мероприятий и оценки их потенциала необходимо проводить в зданиях энергоаудит и рассматривать различные инвестиционные сценарии.

Так, например, находящийся на стадии подготовки проект Всемирного банка по энергоэффективности общественных зданий предполагает рассмотрение нескольких пакетов энергоэффективных мероприятий (ЭЭМ). В пакет базовой модернизации вносятся мероприятия, после реализации которых экономия теплоты составит 15–18%, а период окупаемости пакета составит менее 12 лет. В пакет комплексной модернизации вносятся мероприятия с учетом экономии минимум 45–50% и с периодом окупаемости менее 20 лет. Рекомендуемый пакет может представлять собой выбор ЭЭМ из базового сценария и сценария комплексной модернизации с предполагаемым грантовым компонентом от областных органов

государственного управления или без такового компонента.

Для формирования пакетов ЭЭМ необходимо определять эффективность использования средств, направляемых на выполнение энергосберегающих мероприятий. Расчет производится по утвержденной методике [1], которая предполагает определение простого срока окупаемости, для чего рассчитываются годовой экономический эффект от экономии тепловой энергии и капиталовложения в мероприятие.

При расчете мероприятий по утеплению ограждающих конструкций и регулированию расхода тепловой энергии в определении экономии теплоты возникает ряд мо-

ментов, которые оказывают значительное влияние на результат.

Определение годовой экономии тепловой энергии от утепления наружных ограждений в здании рассчитывается в Гкал согласно выражению [1]:

$$\Delta Q_{\text{НС}} = A_{\text{НС}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.о}}) (1/R_{\text{Т факт}} - 1/R_{\text{Т дост}}) \cdot T_{\text{от}} \cdot 24 \cdot 0,86 \cdot 10^{-6} \quad (1)$$

где  $A_{\text{НС}}$  – площадь утепляемых ограждающих конструкций,  $\text{м}^2$ ;

$t_{\text{вн}}$ ,  $t_{\text{ср.о}}$  – температура воздуха внутри помещения и средняя температура воздуха за отопительный период соответственно,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$R_{\text{Т факт}}$ ,  $R_{\text{Т дост}}$  – фактическое и достигнутое термическое сопротивление ограждающих конструкций здания до выполнения и после выполнения мероприятия,  $(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$ ;

$T_{\text{от}}$  – продолжительность отопительного периода, сут.;

24 – число часов в сутках, ч;

0,86 – переводной коэффициент  $\text{МВт} \cdot \text{ч}$  в Гкал.

Расчет не вызывает никаких трудностей до тех пор, пока мы не начинаем определять потенциал энергосбережения, который рассчитывается от годового потребления теплоты, %:

$$\Xi = (\Delta Q / Q^{\text{год}}) 100, \quad (2)$$

где  $\Delta Q$  – годовая экономия тепловой энергии от энергосберегающих мероприятий, Гкал;

$Q^{\text{год}}$  – годовой расход теплоты, Гкал.

И тут возникает парадоксальная ситуация: расчетное энергосбережение от реализации пакета ЭЭМ может достигать 65–85%, а в сочетании с местным (в ИТП) и индивидуальным (на отопительных приборах) регулированием доходить до 85–105%! Экономим больше, чем потребляем?!

Конечно, никакого парадокса здесь нет, все дело в сопоставимости нормативных и фактических параметров, которые имели место в базовом году.

Рассмотрим степень влияния фактических параметров на конечный результат.

**Температура внутреннего воздуха.** Ни для кого не секрет, что температура внутреннего воздуха в здании не всегда соответствует нормам. И это относится не только к промышленным или административным объектам, но и к учреждениям образования и детским садам. Экономят все. Только к энергосбережению это не имеет никакого отношения, так как в здании нарушаются санитарные нормы.

Влияние изменения температуры внутреннего воздуха на теплопотребление общеизвестно: при снижении температуры на 1°C годовой расход теплоты уменьшается приблизительно на 7%.

**Температура наружного воздуха.** Средняя температура наружного воздуха за отопительный период зависит от погодных условий и может существенно отличаться от нормативного значения. Это отличие особенно было заметно в 2019 и 2020 годах из-за теплых зим. Так, в зависимости от региона республики наружная температура была выше нормативной на 3,5–4,2°C (для расчета можно пользоваться данными о средних месячных температурах на сайте <http://weatherarchive.ru/Pogoda/>). Изменение наружной температуры на 1°C, также как и внутренней, влечет за собой уменьшение теплопотребления на 7%. Таким образом, годовое теплопотребление в отопительный период 2019–2020 гг. могло снизиться на 23,8–28,6%.

**Продолжительность отопительного периода.** Когда должно включаться и выключаться отопление, нам хорошо известно. Но на местах в целях экономии иногда устанавливают свои графики. Plusовые температуры на улице позволяют не просто поддерживать в нерабочее время режим дежурного отопления, но и отключать его вовсе без опасения разморозить систему. Сокращение продолжительности отопительного периода на 1 сутки приводит к экономии теплоты на 0,6%, что не так существенно, но при сокращении про-

должительности отопительного периода на 10 суток имеем уже 6% экономии.

Таким образом, не проводя никаких мероприятий по энергосбережению, только за счет снижения температуры воздуха в здании на 1°C, сокращения отопительного периода на 10 суток, более теплой зимы можно снизить годовое теплопотребление на 36,8–41,6%.

Теперь рассмотрим, как на потенциал энергосбережения может повлиять корректность расчета экономии тепловой энергии при утеплении наружных ограждений и внедрении системы автоматизации.

В формулу (1) при расчете экономии мы подставляем нормативные параметры. При этом фактическое термическое сопротивление  $R_t$  факт может быть определено как расчетным путем [2], так и с использованием приборов, например, измерителя плотности теплового потока. При расчетном способе важно учитывать не только материал стен (кирпич, панель) и толщину слоев ограждения, но и состояние кирпичной кладки, стыковых швов панелей, влияние теплотехнической неоднородности, теплопроводных включений и т.п. Приборный способ подходит при проведении энергоаудита в холодный период года при соответствующем перепаде температур внутреннего и наружного воздуха. Занижение  $R_{t, \text{факт}}$  наружного ограждения на 0,1 (м<sup>2</sup> · °C)/Вт приводит к увеличению экономии теплоты от 3 до 6% в зависимости от площади ограждения.

Частой ошибкой при определении потенциала энергосбережения становится неправильный расчет экономии тепловой энергии от внедрения системы автоматизации. Расчетное значение годового расхода теплоты на отопление следует принимать как достигнутое после выполнения мероприятий по утеплению наружных стен, кровли, замены окон и проч. Величину процентов можно корректировать, но важнее определить, какое значение выбирать в качестве годового расхода, от которого берутся эти проценты.

При расчете экономии за счет автоматизации расчетное значение годового расхода теплоты на отопление следует принимать как достигнутое после выполнения мероприятий по утеплению наружных стен, кровли, замены окон и проч. Экономия теплоты от применения новой системы автоматизации может быть рассчитана из выражения:

$$\Delta Q_{\text{авт}} = 0,23 Q_{\text{досст}}^{\text{год}} = 0,23 (Q^{\text{год}} - \Delta Q_{\text{нс}} - \Delta Q_{\text{кр}} - \Delta Q_{\text{ок}}) \quad (3)$$

где  $\Delta Q_{\text{нс}}$ ,  $\Delta Q_{\text{кр}}$ ,  $\Delta Q_{\text{ок}}$  – годовая экономия тепловой энергии соответственно от утепления наружных стен, кровли, замены окон, Гкал.

Например, если базовое теплопотребление составляет 1000 Гкал, а при утеплении наружных стен величина экономии получилась 234 Гкал, то достигнутое теплопотребление будет составлять 1000 – 234 = 766 Гкал. Экономия от достигнутого потребления в размере 23%: 0,23 · 766 = 176 Гкал, или 17,6% от базового теплопотребления.

Если кроме стен утеплить кровлю (экономия в результате этого мероприятия примем в размере 80 Гкал), то достигнутое теплопотребление составит 1000 – 234 – 80 = 686 Гкал. Тогда экономия за счет автоматизации составит 0,23 · 686 = 158 Гкал, или 15,8% базового теплопотребления.

Частой ошибкой при определении потенциала энергосбережения становится неправильный расчет экономии тепловой энергии от внедрения системы автоматизации. Расчетное значение годового расхода теплоты на отопление следует принимать как достигнутое после выполнения мероприятий по утеплению наружных стен, кровли, замены окон и проч.

Соответственно при дополнительной замене окон (допустим, экономия в результате замены окон составит 150 Гкал) экономия за счет автоматизации составит: 0,23 (1000 – 234 – 80 – 150) = 123 Гкал, или 12,3% базового теплопотребления.

Если при расчете экономии от применения новой системы автоматизации не учитывать снижение потребления теплоты от мероприятий по утеплению стен, кровли и замене окон, то экономия в нашем примере будет завышена на (23 – 12,3) = 10,7%. А с учетом занижения  $R_{t, \text{факт}}$  экономия будет завышена на 13,7–16,7%.

Таким образом, при расчете потенциала энергосбережения есть вероятность того, что в числитель мы подставим завышенное значение экономии теплоты, в знаменатель – более низкое по отношению к нормам значение годового теплопотребления, а в итоге получим очень высокий потенциал.

Расчет потенциала энергосбережения и сроков окупаемости пакетов ЭЭМ рассмотрим на примере колледжа, расположенного в Гродненской области. Сравним энергетические показатели этого учреждения образования, рассчитанные по нормативам и по прибору учета. Централизованная система ГВС в здании колледжа отсутствует, поэтому теплосчетчик отражает только затраты на отопление. Рассматривались мероприятия по утеплению наружных стен, кровли, замене окон, внедрению новой системы автоматизации отпуска теплоты в ИТП и по установке терморегуляторов на отопительных приборах. Параметры и расчетные данные представлены в таблицах. ▶

Таблица 1. Расчет энергетических показателей колледжа, выполненный по нормативным параметрам

Параметры	$t_{вн}^{\circ C}$	$t_{ср.вн}^{\circ C}$	$T_{от}^{\circ C}$	$Q^{год}$ , Гкал	Экономия теплоты, Гкал					
					утепление стен	утепление кровли	замена окон	автоматизация	регуляторы	Всего
Фактические 2019 г.	16,7	4,1	167	460,8	151,1	67,8	170,1	14,4	4,3	<b>407,7</b>
Нормативные	18	0,1	192	814,4	151,1	67,8	170,1	85,0	25,5	<b>499,5</b>
<b>Потенциал энергосбережения, %</b>										
Фактические 2019 г.	16,7	4,1	167	460,8	32,8	14,7	36,9	3,1	0,9	<b>88,4</b>
Нормативные	18	0,1	192	814,4	18,6	8,3	20,9	10,4	3,1	<b>61,3</b>
<b>Срок окупаемости, лет</b>										
Фактические 2019 г.	16,7	4,1	167	460,8	11,8	33,4	14,0	10,8	25,7	<b>16,4</b>
Нормативные	18	0,1	192	814,4	11,8	33,4	14,0	1,8	4,3	<b>13,4</b>

Таблица 2. Расчет энергетических показателей колледжа, выполненный по фактическим параметрам

Параметры	$t_{вн}^{\circ C}$	$t_{ср.вн}^{\circ C}$	$T_{от}^{\circ C}$	$Q^{год}$ , Гкал	Экономия теплоты, Гкал					
					утепление стен	утепление кровли	замена окон	автоматизация	регуляторы	Всего
Фактические 2019 г.	16,7	4,1	167	460,8	92,5	41,5	112,0	43,0	12,9	<b>301,9</b>
<b>Потенциал энергосбережения, %</b>										
Фактические 2019 г.	16,7	4,1	167	460,8	20,1	9,0	24,3	9,3	2,8	<b>65,5</b>
<b>Срок окупаемости, лет</b>										
Фактические 2019 г.	16,7	4,1	167	460,8	19,2	54,6	24,3	3,6	8,6	<b>22,2</b>

В таблице 1 экономия теплоты рассчитана по нормативным параметрам, в таблице 2 – по фактическим.

В строке «Фактические параметры» фигурируют фактические внутренняя и средняя за отопительный период температуры, которые имели место в базовом году, а также рассчитанная, соответствующая годовому теплоснабжению продолжительность отопительного периода.

В строке «Нормативные параметры» фигурируют нормативная температура внутреннего воздуха, нормативная средняя за отопительный период температура наружного воздуха и нормативная продолжительность отопительного периода, взятые по СНБ [3].

Величина экономии теплоты от внедрения системы автоматизации принята в размере 20%, терморегуляторов – в размере 7,5%, расчет выполнен по формуле (3).

При определении срока окупаемости капитальные затраты на осуществление мероприятий взяты без НДС и рассчитаны по удельным фактическими затратам, имевшим место на аналогичных объектах в рамках проекта «Энергоэффективность в школах» (ПРООН).

Стоит обратить внимание, во-первых, на фактическую температуру воздуха в здании, которая отличается от нормативной на

1,3°C, во-вторых – на продолжительность отопительного периода, который также отличается от нормативного на 25 суток, и, как результат – на разницу в расчетном и фактическом годовом расходе теплоты. Фактический расход в 2019 году составляет 56,6% нормативного. Потенциал энергосбережения при отношении экономии, рассчитанной по нормам, к фактическому потреблению 2019 года, составляет 88,4%! Поэтому при формировании пакетов ЭЭМ для сопоставимости следует опираться не на нормативные, а на фактические параметры, принимая их при расчете экономии теплоты (таблица 2). При этом сроки окупаемости, рассчитанные по нормам и по факту, отличаются на 8,8 года! Соответственно и пакеты ЭЭМ будут отличаться по составу мероприятий.

Правомерно ли для сопоставимости применять в формуле (1) заведомо нарушающие нормы параметры? Тем более что после реализации мероприятий по утеплению ограждений мы рассчитываем получить в здании не только энергосберегающий, но и социальный эффект.

С другой стороны, каким образом определять потенциал энергосбережения? Потенциал важен сам по себе при любом расчете энергоэффективных мер, а при реализации международных проектов он стано-

вится еще и инструментом для принятия решений.

С нашей точки зрения, этот аспект требует серьезной проработки. Если все расчеты, включая годовое потребление теплоты, вести по нормативным данным, то годовой экономический эффект от проведения мероприятий может быть соизмерим с фактическими годовыми затратами на отопление (в таблице 1 экономия теплоты, рассчитанная по нормам, составляет 499,5 Гкал, а годовое потребление 2019 года – 460,8 Гкал). Организация, в которой проводится энергоаудит, впоследствии может не получить заявленной в расчетах денежной экономии. А капитальные затраты при этом – величина постоянная, которая не зависит ни от погоды, ни от метода расчета энергоэффективных мер.

### Литература

1. Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий. – Минск, 2020.
2. СП 2.04.01-2020 Строительная теплотехника / Министерство архитектуры и строительства РБ – Минск, 2020.
3. СНБ 2.04.02-2000 Строительная климатология / Министерство архитектуры и строительства РБ – Минск, 2001. ■