

Энергосбережение при строительстве и эксплуатации зданий - комплексный подход

В СТАТЬЕ РАССМАТРИВАЮТСЯ ВОПРОСЫ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАЛОЗАТРАТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

О.Д. Самарин,
доцент,
к.т.н. (МГСУ)

Необходимость снижения энергопотребления зданий в условиях ограниченных запасов органического топлива и его постоянного удорожания не вызывает сомнений. Однако существенное значение имеет выбор конкретных направлений и способов энергосбережения, а также глубина реализации каждого энергосберегающего мероприятия. Дело в том, что с экономической точки зрения энергосбережение является не самоцелью, а лишь средством для снижения суммарных затрат на возведение и последующую эксплуатацию здания. Поэтому всегда представляет интерес вопрос о выборе оптимального сочетания инженерных решений, обеспечивающих экономически обоснованное снижение энергопотребления. Но для этого необходимо представлять себе структуру энергетического баланса здания и связанные с ней возможности изменения энергозатрат по различным составляющим баланса.

Наиболее полная методика оценки энергопотребления зданий, позволяющая учитывать все основные виды энергозатрат и их снижение за счет применения практически любых известных энергосберегающих мероприятий, содержится в общественном Стандарте РНТО строителей [1], в разработке которого автор принимал активное участие. Стандарт введен в действие с 1 января 2006 г. постановлением расширенного заседания Бюро Совета РНТО строителей от 30 сентября 2005 г. [2] и является документом добровольного применения в соответствии с Законом РФ «О техническом регулировании» №184-ФЗ (ЗТР), подписанным Президентом РФ 27 декабря 2002 года.

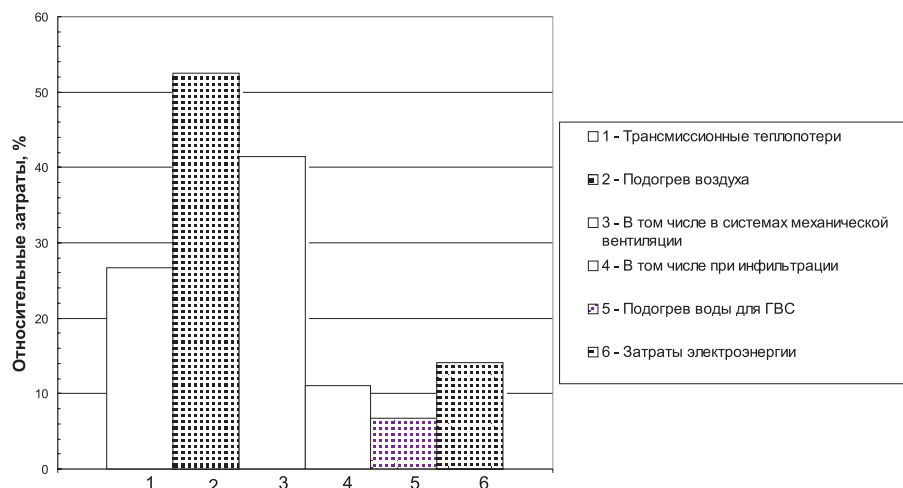
Основы данной методики применительно к общественным зданиям впервые были опубликованы в работе [3].

Концепция Стандарта соответствует современным представлениям о принципах нормирования теплозащиты и энергоэффективности зданий [4], [5] и сводится, в основном, к следующему. Прежде всего, эти нормы распространяются на все виды жилых и общественных зданий, в том числе на такие наиболее часто встречающиеся при новом строительстве, как торговые, офисные и административные. Кроме того, и это, пожалуй, самое главное, суммарное удельное энергопотребление здания и его снижение за счет использования энергосберегающих мероприятий не фиксируется жестко, а устанавливается по договору между заказчиком и подрядчиком. Это позволяет, оставаясь в рамках требований по безопасности в соответствии с ЗТР, применять в каждом конкретном случае наиболее оптимальное с энергетической и экономической точки зрения сочетание мер по снижению энергопотребления.

Еще одна особенность рассматриваемой концепции заключается в том, что вычисляемые суммарные энергозатраты включают энергопотребление здания не только на отопление и вентиляцию, но и на ГВС, а также на другие нужды (освещение, привод инженерных систем и др.). Это позволяет достигать наиболее комплексного энергосбережения за счет рационального перераспределения затрат между максимально возможным числом составляющих. При этом для применяемых величин используются, в основном,

СУММАРНОЕ УДЕЛЬНОЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ ЗДАНИЯ И ЕГО СНИЖЕНИЕ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ НЕ ФИКСИРУЕТСЯ ЖЕСТКО, А УСТАНАВЛИВАЕТСЯ ПО ДОГОВОРУ МЕЖДУ ЗАКАЗЧИКОМ И ПОДРЯДЧИКОМ

Рис.1. Составляющие энергозатрат общественных зданий.



русские индексы, что облегчает пользование документом.

Для унификации методики в зданиях с естественной и механической вентиляцией затраты на отопление учитывают только трансмиссионные теплопотери, а инфильтрационная составляющая включена в теплозатраты на вентиляцию. В этом случае в явном виде обеспечивается учет вида вентиляции (естественная или механическая) и режима ее работы в течение суток, а также энергосберегающие мероприятия типа теплоутилизации и вообще использования ВЭР за счет понижающих коэффициентов. Наконец, составляемый в итоге энергетический паспорт здания содержит только основные интегральные величины, необходимые для оценки и нормирования энергопотребления здания, а именно, климатические и конструктивные параметры и компоненты годовых энергозатрат.

Наглядную картину распределения затрат энергии на функционирование различных инженерных систем можно получить, анализируя расчеты, выполненные по методике [1] для группы общественных зданий в условиях Москвы. Главные энергетические показатели этих объектов были приведены в работах [6-9]. В относительных величинах эти данные показаны на рис.1, в первоначальном варианте впервые опубликованном в [10].

При анализе результатов, полученных для отдельных зданий, можно увидеть, что они статистически устойчивы и мало отличаются для объектов различного назначения и размеров. При этом во всех случаях затраты на подогрев воздуха, в первую очередь для механической вентиляции, занимают

в балансе первое место и существенно выше, чем трансмиссионные теплопотери. Поэтому ограничение энергосберегающих мероприятий утеплением несветопрозрачных ограждений в принципе не может дать снижения теплозатрат более чем на 20 – 25 %.

В таблице 1 для наглядности объединены данные по возможному относительному снижению энергопотребления по всем рассматриваемым зданиям. Рассматриваются следующие инженерные решения:

- утепление несветопрозрачных наружных ограждений в экономически оптимальных пределах [1], [11];
- замена двойного остекления на тройное;
- утилизация теплоты вытяжного воздуха с промежуточным теплоносителем в системах механической вентиляции;
- установка смесителей с левым расположением крана горячей воды и кранов с регулируемым напором в системах ГВС;

Таблица 1

Относительное снижение энергопотребления в % за счет применения энергосберегающих мероприятий в общественных зданиях

Здания	Доп. тепло-изоляция	Замена остекления	Тепло-утилизация	Установка термо-клапанов	Мероприятия ГВС	Всего
1	20	7.62	18.7	16	0.07	62.39
2	16.7	4.45	16.34	25.3	0.079	62.87
3	18.3	3.45	17.58	20.75	0.23	60.31
4	24.5	3.2	14.9	23.6	0.3	66.5
5	36.4	1.18	15.8	9.11	0.04	62.53
6	24.6	2.81	13.9	30	0.5	71.81
7	15.8	2.28	9.7	13.92	2.14	43.84
8	21.6	4.5	11.7	27.7	0.1	65.6
9	25.96	6.27	11.42	13.63	0.15	57.43
10	17.42	7.66	15.51	19.84	0.04	60.47
11	25.77	5.67	10.21	12.87	0.12	54.64
12	15.3	4.85	25.06	8.72	0.09	54.02
Сред.	22.10	4.46	14.97	17.83	0.386	60.79

Таблица 2

Удельные капитальные затраты на осуществление энергосберегающих мероприятий и годовое снижение затрат на тепловую энергию

Здания	Доп. тепло-изоляция	Замена остекления	Тепло-утилизация	Термо-клапаны	Всего	Сниже-ние затрат на теплоту	Срок окупа-емости
						руб/м ² отапливаемой площади	руб/м ² в год
1	129.15	21.64	32.50	17.07	200	110.08	2.3
2	200.71	23.82	27.19	60.25	317	101.20	4.4
3	212.94	32.74	27.49	79.39	352	113.22	4.3
4	191.22	22.55	28.29	45.38	287	113.84	3.3
5	399.30	5.84	42.38	71.59	519	100.34	9.80
6	109.05	18.26	15.83	28.92	172	60.21	3.85
7	167.27	22.32	21.17	41.17	252	106.31	3.15
8	196.22	43.18	22.64	57.87	320	116.90	3.65
9	282.22	29.57	24.10	46.93	282	119.35	4.55
10	230.39	48.23	23.78	47.94	230	166.67	2.7
11	275.81	26.25	54.51	50.40	276	124.02	4.7
12	233.75	36.04	76.89	47.12	234	178.71	2.9
Ср.	220.66	27.88	33.60	48.53	331	117.57	4.13

- установка автоматических термоклапанов у отопительных приборов.

Здесь уже очевидно, что относительная энергетическая эффективность мероприятий в пределах выбранного комплекса тоже обнаруживает хорошую статистическую устойчивость. Можно показать, что средние значения при добавлении следующих объектов меняются уже очень незначительно, в пределах точности инженерного расчета. Следует только обратить внимание на то, что в здании 12 из-за большой кратности воздухообмена в рабочее время в системе механической вентиляции (около 6.4), связанной бассейном, снижение энергопотребления за счет теплоутилизации заметно возрастает и в относительных величинах выходит на первое место. Поэтому очевидно, что чем выше доля затрат на механическую вентиляцию в общем балансе здания, тем больше доводов в пользу утилизации теплоты вытяжного воздуха. Остается только добавить, что экономия за счет мероприятий ГВС в данной серии объектов получилась незначительной из-за малого нормативного расхода горячей воды в общественных

зданиях. Однако в жилом секторе эти мероприятия могут дать большой эффект из-за высокой доли ГВС в общем энергетическом балансе. Впервые основная часть таблицы 1 была опубликована автором в работе [12].

Для наглядности удельные капитальные затраты на 1м² отапливаемой площади и удельная экономия годовых расходов на тепловую энергию при суще-

ствующих ценах и тарифах на материалы, оборудование и энергоносители сведены в таблицу 2. Здесь хорошо видно, что эти удельные параметры точно так же, как и относительное снижение энергопотребления, обнаруживают чрезвычайную статистическую устойчивость и поэтому пригодны для ориентировочных оценок на предварительных этапах проектирования. Основная часть таблицы 2 также впервые была опубликована автором (с некоторыми изменениями) в [12].

Наибольший интерес все же представляет экономическая эффективность всего комплекса принятых решений по энергосбережению. В рыночных условиях ее оценку наиболее целесообразно вести по величине совокупных дисконтированных затрат СДЗ, связанных с дополнительными капиталовложениями и уровнем годовых эксплуатационных издержек с учетом изменения цен и тарифов на энергоносители, а также рисков капиталовложений. Для корректности оценки следует считать, что приобретение и установка дополнительного оборудования осуществляются за счет заемных средств [13]. В этом случае удастся четко выявить критерий экономической целесообразности, который сводится к превышению годовой экономии расходов на тепловую энергию над годовым процентом за кредит или, если капиталовложения осуществляются из

График зависимости СДЗ от Т для Здания 11

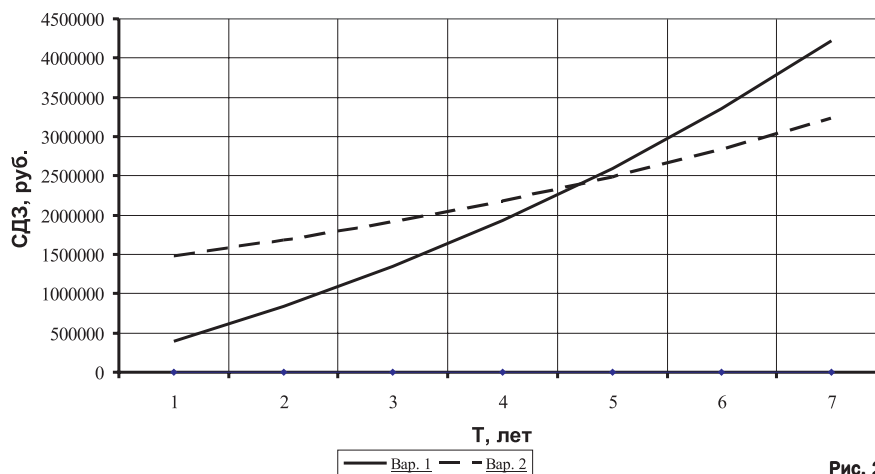


Рис. 2

**НАИБОЛЬШИЙ ИНТЕРЕС ВСЕ ЖЕ ПРЕДСТАВЛЯЕТ
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ВСЕГО КОМПЛЕКСА ПРИНЯТЫХ РЕШЕНИЙ
ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ. В РЫНОЧНЫХ УСЛОВИЯХ
ЕЕ ОЦЕНКУ НАИБОЛЕЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНО ВЕСТИ
ПО ВЕЛИЧИНЕ СОВОКУПНЫХ ДИСКОНТИРОВАННЫХ
ЗАТРАТ СДЗ, СВЯЗАННЫХ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ
КАПИТАЛОВЛОЖЕНИЯМИ И УРОВНЕМ ГОДОВЫХ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИЗДЕРЖЕК
С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ ЦЕН И ТАРИФОВ
НА ЭНЕРГОНОСИТЕЛИ,
А ТАКЖЕ РИСКОВ КАПИТАЛОВЛОЖЕНИЙ**

собственных средств, над упущенной прибылью, которую можно было бы получить, если вместо затрат на энергосбережение соответствующую сумму положить в банк.

В последней колонке таблицы 2 приведен расчетный срок окупаемости использованного комплекса инженерных решений при расчете по СДЗ. Очевидно, что этот срок весьма невелик и лежит в пределах от 2 до 5 лет, что действительно характеризует данный комплекс как малозатратный. Исключение составляет здание 5, где из-за большой относительной площади несветопрозрачных ограждений и незначительного остекления велика доля дополнительной теплоизоляции и ограничены возможности по использованию теплоты от солнечной радиации. В ка-

честве примера на рис.2 приведена зависимость СДЗ от времени T с момента ввода объекта в эксплуатацию для здания 11 ([8], с изменениями).

Здесь под вар.1 понимается аналогичный объект с теплозащитой наружных ограждений на уровне санитарно-гигиенических требований и без применения перечисленных выше энергосберегающих мероприятий, а вар.2 – с полным набором решений по снижению энергопотребления. Во всех остальных случаях графики имеют сходный вид, различаясь лишь положением точки пересечения, показывающей значение расчетного срока окупаемости. Если линии не пересекаются или пересекаются за пределами проектного срока функционирования наименее долговечного из рассматриваемых

мероприятий, условия экономической целесообразности не выполнены.

Как показывают таблицы 1 и 2, повышение сопротивления теплопередаче несветопрозрачных ограждений является наиболее дорогостоящим мероприятием и не слишком энергоэффективным. Однако совсем без этого обойтись не удастся, т. к. остальные способы энергосбережения, как правило, не обеспечивают желательного суммарного снижения энергопотребления – не менее чем в 2 раза по сравнению с базовым вариантом. Но такое повышение должно быть в разумных пределах [11] и после исчерпания энергосберегающего потенциала других возможных мероприятий.

При этом вначале устанавливаются общие параметры проекта, и в первую очередь распределение энергозатрат по всем основным статьям расходов с учетом всех применяемых энергосберегающих мероприятий, и вычисляется расчетный срок окупаемости принятых решений в целом. При последующей детальной разработке отдельных разделов проекта (теплозащита, отопление, вентиляция, горячее водоснабжение и т.д.) эти параметры должны выдерживаться с достаточной для инженерных расчетов точностью, т.е. в пределах 5%. Только в этом случае можно преодолеть несогласованность между функционированием различных инженерных систем здания и обеспечить в известных пределах взаимозаменяемость всех способов энергосбережения с минимальными затратами.

1. *Нормы теплотехнического проектирования ограждающих конструкций и оценки энергоэффективности зданий. Стандарт общественной организации – РНТО строителей. М.: ГУП ЦПП, 2006.*
2. *Л.А.Старостина. Стандарт организации готов к применению. // Строительный эксперт., 2005, №19, с. 2.*
3. *О.Д.Самарин, П.С.Васин, Н.Н.Зайцев, Р.Ф.Гарифуллин, Н.В.Загорцева. Оценка энергоэффективности зданий и сравнительная эффективность энергосберегающих мероприятий. // Сб. докл. 9-й конф. РНТОС 25 мая 2004 г., с. 56 – 60.*
4. *О.Д.Самарин. Концепция нормирования энергопотребления и теплозащиты зданий. // Энергосбережение и водоподготовка, 2003, №4, с. 66–69.*
5. *Территориальные строительные нормы проектирования энергосберегающих зданий. Проект. // Окна и двери., 2002, №1, с. 41 – 46.*
6. *О.Д.Самарин, В.П.Васин, И.Р.Садикова. Эффективность энергосберегающих мероприятий в условиях рыночной экономики. // Полимергаз., 2005, №1, с. 56 – 58.*
7. *О.Д.Самарин, С.Ю.Барвинский, А.И.Анисимов, И.Р.Садикова. К вопросу оценки эффективности энергосберегающих мероприятий в рыночной экономике. // Сб. докл. конф. МГСУ-РНТОС 23–25 ноября 2005 г., с. 25–28.*
8. *О.Д.Самарин, И.А.Богомолова, О.П.Семенов. Эффективность энергосбережения в современных условиях. // Окна и двери., 2006, №2 – 3, с. 54 – 56.*
9. *О.Д.Самарин, Н.А.Венскова, И.В.Красильникова. Об эффективности энергосбережения в современных условиях. // «СОК», 2006, №2, с. 102 – 105.*
10. *О.Д.Самарин. Энергетический баланс зданий и возможности энергосбережения. // Новости теплоснабжения., 2005, №12, с. 46 – 48.*
11. *Г.С.Иванов. Методика оптимизации уровня теплозащиты зданий. // Стены и фасады., 2001, №1-2, с. 7 – 10.*
12. *О.Д.Самарин. Эффективность энергосберегающих мер в общественных зданиях. // Строительная инженерия., 2005, №9, с. 72 – 76.*
13. *В.Г.Гагарин. О недостаточной обоснованности повышенных требований к теплозащите наружных стен зданий. (Изменения №3 СНиП II-3-79). // Сб. докл. 3-й конф. РНТОС 23-25 апреля 1998 г., с. 69 – 95.*