

## Добровольная маркировка энергоэффективности общественных зданий

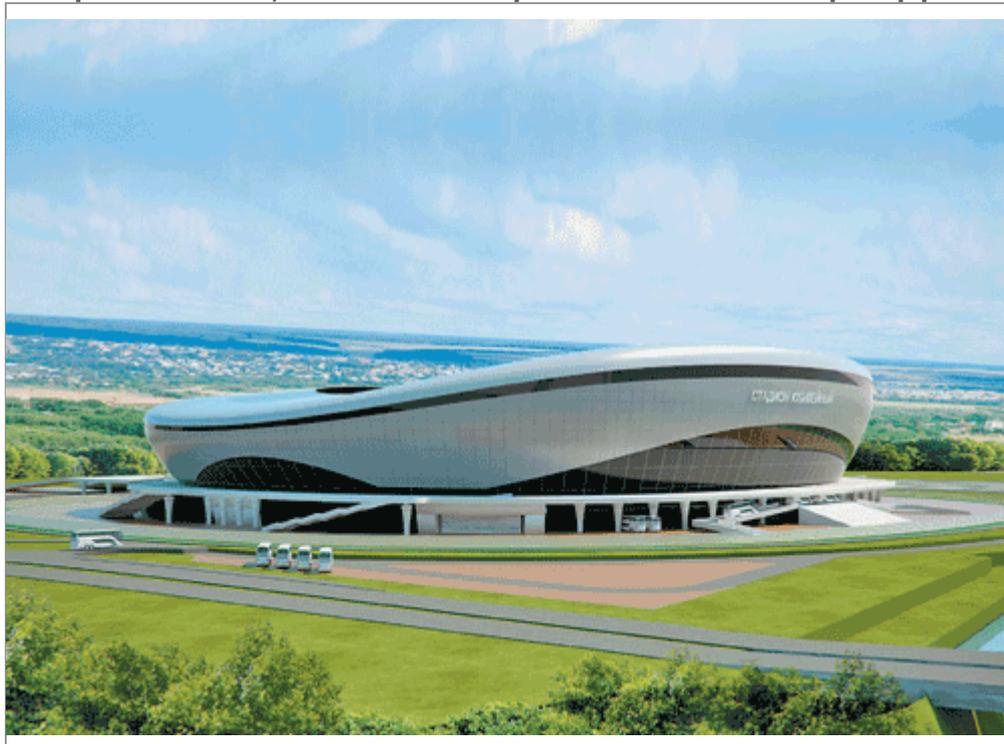
[Ю. А. Табунщиков](#), президент НП «АВОК»

[А. Л. Наумов](#), генеральный директор ООО «НПО ТЕРМЭК»

[Д. В. Капко](#), руководитель сектора научных исследований ООО «НПО ТЕРМЭК»

В мировой практике вопросам повышения энергетической эффективности общественных зданий уделяется большое внимание. Во многих странах созданы механизмы стандартизации по уровню энергоэффективности, ставшие обязательным требованием для зданий бюджетной сферы: офисных комплексов, учебных и культурных объектов, зданий здравоохранения и т. п.

На примере спортивных объектов предлагаем ознакомиться с российской методикой по определению базовых уровней удельного расхода тепловой и электрической энергии на их инженерные системы, что позволяет присвоить им класс энергоэффективности.



Международные спортивные организации (МОК, FIFA, UEFA) при подготовке соревнований высокого уровня: олимпийские игры, чемпионаты мира и континента – предъявляют требования к спортивным объектам как к зданиям высокой энергетической и экологической эффективности. В большинстве случаев это реализуется в форме добровольной сертификации по международным стандартам зеленого строительства (LEED, BREEAM, DGNB). В России требования федерального закона № 261 ФЗ «Об энергосбережении...» в части разработки подзаконных актов с требованиями энергоэффективности зданий до настоящего времени не реализованы.

### Базовые удельные показатели энергопотребления зданий

Ключевым моментом в регулировании энергетической эффективности зданий и выработке требований к энергопотреблению являются базовые удельные показатели энергопотребления. По базовым показателям оценивается сначала степень энергетической эффективности проектных решений, а в дальнейшем, после строительства объекта, – фактические эксплуатационные показатели энергопотребления.

## РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ

№ фор- мулы	Формула
(1)	$q' = q \pm q_{\text{вент}} \pm q_{\text{вн}} \pm \Delta q_f$
(2)	$q_{\text{вент}} = 0,008 \cdot \text{ГСОП} \cdot H \cdot \Delta k_p$
(3)	$\Delta q_f = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot k \cdot \Delta f$
(4)	$q' = q \pm q_{\text{вент}} \pm q_{\text{вн}} \pm \Delta q_f$
(5)	$\Delta q_{\text{всп}} = 3,48 \cdot \Delta n_{\text{всп}}$
(6)	$\Delta q_{\text{пит}} = 2,32 \cdot \Delta n_{\text{бл}}$
(7)	$w' = (w \pm \Delta w) \cdot (K_{\text{эф}}^{\text{пр}}/0,4) \cdot (K_{\text{см}}^{\text{пр}}/0,8) \cdot (A_{\text{охл}}/A_{\text{пол}})$
(8)	$\Delta w = 0,00768 \cdot \text{ГСОХЛП} \cdot [C_p \cdot p \cdot (8 - l'/8) + (0,17 - k'/0,17)]$
(9)	$w_{\text{от}}^{\text{нас}} = 0,026 \cdot q_{\text{от}}$
(10)	$w_{\text{вод}}^{\text{нас}} = 0,034 \cdot q_{\text{ГВС}}$
(11)	$w_{\text{вент}} = 0,0011 \cdot I_{\text{общ}}$
(12)	$I_{\text{общ}} = I_{\text{сор}} + I_{\text{тр}} + I_{\text{деж}}$
(13)	$I_{\text{сор}} = (20 \cdot n_{\text{вр}}^{\text{сор}} + 80 \cdot n_{\text{сп}}^{\text{сор}}) \cdot z_{\text{сор}} / A_0$
(14)	$I_{\text{тр}} = (20 \cdot n_{\text{вр}}^{\text{тр}} + 80 \cdot n_{\text{сп}}^{\text{тр}}) \cdot z_{\text{тр}} / A_0$
(15)	$I_{\text{деж}} = 0,1 \cdot H_{\text{вд}} \cdot z_{\text{деж}}$
(16)	$w'_{\text{осв}} = w_{\text{осв}} \cdot k_{\text{осв}}$

Для жилых зданий, с учетом высокой степени типизации строительных решений, задача выбора базовых показателей удельного энергопотребления не такая сложная. В нормативах, как

правило, выделяются основные определяющие параметры: климатический фактор (показатель градусо-суток отопительного периода), количество этажей, отапливаемая площадь (для малоэтажных зданий).

ОБОЗНАЧЕНИЯ В ФОРМУЛАХ	
$\Delta q_{\text{вент}}$ – поправка на отклонение в величине воздухообмена	$k'$ – проектное значение удельной теплозащитной характеристики здания, определяемой по СП 50.13330 (табл. 7)
$\Delta q_{\text{вн}}, \Delta q_{\text{вс}}$ – поправка на отклонение величины соответственно внутренних тепловыделений и инсоляции за отопительный период	$w_{\text{от}}^{\text{нвс}}, w_{\text{вс}}^{\text{нвс}}$ – базовый уровень удельного расхода электрической энергии на привод циркуляционных насосов соответственно системы отопления и теплоснабжения системы вентиляции и системы горячего водоснабжения, кВт·ч/м <sup>2</sup> в год
$\Delta q_r$ – поправка на отклонение коэффициента компактности	$q_{\text{от}}, q_{\text{вс}}$ – базовый уровень расхода тепловой энергии соответственно на системы отопления и вентиляции (определяется по табл. 1) и на систему горячего водоснабжения (определяется по табл. 2)
ГСОП – градусо-сутки отопительного периода	$w_{\text{вент}}$ – базовый уровень удельного расхода электрической энергии на привод вентиляторов, кВт·ч/м <sup>2</sup> в год
H – средняя высота помещений здания (определяется как отношение отапливаемого объема к отапливаемой площади здания)	$I_{\text{всв}}$ – объем вентиляционного воздуха, подаваемый системами вентиляции за год в расчете на 1 м <sup>2</sup> полезной площади, м <sup>3</sup>
$\Delta k_p$ – отклонение от базовой величины воздухообмена	$I_{\text{ср}}, I_{\text{тр}}, I_{\text{деж}}$ – объем воздуха, подаваемый соответственно в период соревнований, в период тренировок, в дежурном режиме (ночной период, перерывы)
$k$ – удельная теплозащитная характеристика здания, определяемая по СП 50.13330 (табл. 7)	$n_{\text{зр}}, n_{\text{сп}}$ – расчетное число зрителей и спортсменов в период соревнований
$\Delta l$ – отклонение от базовой величины компактности здания	$z_{\text{ср}}$ – расчетное число часов соревнований в году
$\Delta l_{\text{всв}}$ – отклонение от базовой величины среднегодовой численности вспомогательного персонала на 1 м <sup>2</sup> полезной площади	$n_{\text{тр}}, n_{\text{ср}}$ – расчетное число зрителей и спортсменов в период тренировок
$\Delta l_{\text{бл}}$ – отклонение от базовой величины среднегодового количества блюд на 1 м <sup>2</sup> полезной площади	$z_{\text{тр}}$ – расчетное число часов тренировок в году
w – базовый уровень удельного расхода электроэнергии на систему кондиционирования воздуха (см. табл. 3)	$H_{\text{об}} = V/A$ – отношение объема и полезной площади здания
$K_{\text{от}}$ – проектное значение коэффициента энергетической эффективности холодильной машины (кондиционера), приводимого в технической документации изготовителя (величина, обратная EER)	$z_{\text{деж}}$ – расчетное число часов дежурного режима в году
$K_{\text{вс}}$ – проектное значение коэффициента сменности эксплуатации системы кондиционирования воздуха, определяемого по табл. 4	$w_{\text{осв}}$ – базовый уровень удельного расхода электроэнергии на систему освещения, кВт·ч/м <sup>2</sup> в год, принимается по табл. 5
$A_{\text{об}}$ – обслуживаемая площадь	$k_{\text{осв}}$ – поправочный коэффициент на долю светлого времени суток в году, приходящегося на период бодрствования (принимается по табл. 6)
$A_{\text{пол}}$ – полезная площадь здания	
ГСОХЛП – градусо-сутки охлаждающего периода	
$C_p, \rho$ – теплоемкость и плотность воздуха	
$\Gamma$ – проектное значение удельного воздухообмена на 1 м <sup>2</sup> обслуживаемой площади	

Основываясь на действующих требованиях к уровню теплозащиты наружных ограждений и на применении современных систем инженерного обеспечения, можно рассчитать базовые показатели энергопотребления. По существу, так и сделано в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» (далее – СП 50.13330).

Если в какой-то степени по показателям удельного энергопотребления жилых зданий можно ориентироваться на СП 50.13330<sup>1</sup>, то для общественных зданий проблема не решена. Так, СП 50.13330 устанавливает одинаковые базовые требования на удельные нагрузки по отоплению и вентиляции для всех категорий общественных зданий. Для оценки энергетической эффективности библиотек, школ, кинотеатров, торговых центров, спортивных комплексов за базовые требования предлагается принимать одни и те же показатели, хотя энергоемкость этих категорий зданий отличается в несколько раз. Показатели потребления электрической энергии системами инженерного обеспечения общественных зданий нормативными документами не регламентируются.

Определение базовых показателей энергопотребления общественных зданий гораздо сложнее: помимо основных определяющих параметров, принятых для жилых зданий, необходимо принимать во внимание следующие факторы:

- режим эксплуатации зданий (число часов работы в неделю с различными нагрузками);
- плотность размещения персонала и посетителей;
- функциональное назначение помещений (внутренние технологические тепловыделения, уровень освещенности) и т. п.

## Приведение базовых требований энергоэффективности к стандартным условиям

Установить универсальные показатели базовых требований энергопотребления не представляется возможным. Вместе с тем при выработке индикаторов и критериев энергетической эффективности объектов, отличающихся многообразием характеристик, влияющих на энергопотребление, сложился конструктивный подход, позволяющий установить достаточно адекватные условия сопоставимости. Это приведение базовых требований энергоэффективности к стандартным условиям.

Анализируя многообразие параметров общественных зданий, влияющих на энергопотребление, можно выделить наиболее значимые:

- расчетная площадь, приходящаяся на одного сотрудника (посетителя);
- расчетные среднесуточные внутренние тепловыделения;
- режим работы (число фактических часов работы в неделю);
- продолжительность каждого режима эксплуатации в среднем за год (при наличии разных режимов эксплуатации помещений);
- уровень освещенности основных помещений и зон;
- уровень воздухообмена в каждом из помещений.

Безусловно, подход к каждой из групп общественных зданий должен быть индивидуальным, основанным как на теплоэнергетическом анализе современных проектов, так и на требованиях действующих нормативов.

В частности, основные группы зданий спортивного назначения включают ледовые дворцы, футбольные стадионы, бассейны и игровые комплексы.

## Анализ проектов российских спортивных объектов

В рамках проекта Минобрнауки России/ПРООН/ГЭФ «Стандарты и маркировка для продвижения энергоэффективности в России» специалистами ООО «НПО ТЕРМЭК» был проведен анализ современных проектов и предложены следующие стандартные условия для базовых требований энергопотребления спортивных объектов:

- удельная теплозащитная характеристика зданий  $0,17 \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{°C}$ ;
- внутренние тепловыделения  $20 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2$  в год;
- теплопоступления от инсоляции  $12 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2$  в год;
- показатель компактности здания 2,6.

С учетом данных условий для перечисленных групп спортивных зданий и сооружений были установлены базовые уровни следующих удельных расходов:

- тепловой энергии на системы отопления и вентиляции;
- тепловой энергии на систему горячего водоснабжения;
- электроэнергии на систему кондиционирования;
- электрической энергии на привод циркуляционных насосов;
- электрической энергии на привод вентиляторов;
- электрической энергии на систему освещения.

**Базовые уровни тепловой энергии на системы отопления и вентиляции** определены для рассматриваемых категорий спортивных объектов (табл. 1) в зависимости от показателей градусо-суток и средней высоты помещений при фиксированных значениях воздухообмена, внутренних тепловыделений и инсоляции, показателе компактности и отапливаемого объема здания. При отклонении проектных показателей от базовых вводятся поправки согласно формуле (1) (см. Расчетные формулы). Поправка на отклонение в величине воздухообмена  $\Delta q_{\text{вент}}$  рассчитывается по формуле (2), поправки на отклонение величины удельных внутренних тепловыделений  $\Delta q_{\text{вн}}$  и инсоляции  $\Delta q_{\text{инс}}$  за отопительный период вычисляются прямым расчетом, а поправка на отклонение коэффициента компактности  $\Delta q_f$  определяется по формуле (3).

Таблица 1  
**Базовый уровень удельного расхода тепловой энергии на системы  
отопления и вентиляции некоторых спортивных объектов**

Средняя высота помещений здания, м	4	8	12	16
Градусо-сутки отопительного периода	Удельный расход тепловой энергии на системы отопления и вентиляции, кВт·ч/м <sup>2</sup> в год			
<b>Для ледовых дворцов и комплексов*</b>				
2 000	125	254	383	511
4 000	268	525	782	1 039
6 000	406	792	1 178	1 564
8 000	548	1 062	1 577	2 092
10 000	681	1 324	1 967	2 610
12 000	806	1 578	2 350	3 122
<b>Для футбольных стадионов**</b>				
2 000	29	61	94	126
4 000	75	139	204	268
6 000	117	213	310	407
8 000	162	291	420	549
10 000	199	360	521	683
12 000	228	421	615	808
<b>Для бассейнов***</b>				
2 000	189	382	575	767
4 000	396	781	1 166	1 551
6 000	598	1 176	1 754	2 990
8 000	804	1 574	2 343	3 116
10 000	1 001	1 964	2 927	3 890
12 000	1 190	2 346	3 502	4 658
<b>Для игровых залов****</b>				
2 000	37	86	134	182
4 000	106	203	300	396
6 000	176	321	466	610
8 000	245	439	632	824
10 000	314	556	798	1 038
12 000	383	674	964	1 252

Примечание. Во всех случаях отапливаемый объем здания – 100 000 м<sup>3</sup>.

Для базового уровня принята средняя кратность воздухообмена:

\* для ледовых дворцов и комплексов 2 ч<sup>-1</sup>;

\*\* для футбольных стадионов 0,5 ч<sup>-1</sup>;

\*\*\* для бассейнов 3 ч<sup>-1</sup>;

\*\*\*\* для игровых залов 0,75 ч<sup>-1</sup>.

**Базовые уровни удельных расходов тепловой энергии на систему горячего водоснабжения** определены в зависимости от среднегодовой посещаемости спортсменами и зрителями (табл. 2). При отклонении проектных показателей от базовых вводятся поправки, рассчитываемые по формулам (4)–(6).

Таблица 2  
**Базовый уровень удельного расхода тепловой энергии на систему горячего водоснабжения спортивных зданий и сооружений**

Среднегодовое количество спортсменов и физкультурников на 1 м <sup>2</sup> полезной площади, чел./м <sup>2</sup> в год	6	8	10	12	14	16
Среднегодовое количество зрителей на 1 м <sup>2</sup> полезной площади, чел./м <sup>2</sup> в год	Базовый уровень удельного расхода тепловой энергии на систему горячего водоснабжения, кВт·ч/м <sup>2</sup> в год					
50	256	325	395	465	534	604
100	259	328	398	468	537	607
200	265	334	404	474	543	613
300	271	340	410	480	549	619
400	277	346	416	486	555	625

Примечание. Для базового уровня принята среднегодовая численность вспомогательного персонала ( $\eta_{всп}$ ) на 1 м<sup>2</sup> полезной площади 5 чел./м<sup>2</sup>, среднегодовое количество блюд ( $\eta_{бл}$ ) на 1 м<sup>2</sup> полезной площади – 11,5 блюд/м<sup>2</sup>. Среднегодовая численность посетителей (блюд) определяется по формуле:  $\eta = \eta_{свт} \cdot z$ , где  $\eta_{свт}$  – среднесуточная посещаемость (количество блюд) на 1 м<sup>2</sup> полезной площади,  $z$  – число дней работы комплекса в году.

**Базовые уровни удельного расхода электрической энергии** на систему кондиционирования воздуха определены в зависимости от градусо-суток охладительного периода (ГСОХЛП), средних внутренних тепловыделений и поступления теплоты от инсоляции за период охлаждения (табл. 3). При отклонении проектных показателей от базовых базовый уровень следует пересчитать по формуле (7). ГСОХЛП определяются по значению расчетной наружной температуры теплового периода года с коэффициентом обеспеченности 0,98 по СП 131.13330.2012 «Строительная климатология».

Таблица 3  
**Базовый уровень удельного расхода электроэнергии на систему кондиционирования воздуха спортивных зданий и сооружений**

Средние внутренние тепловыделения и поступления теплоты от инсоляции за период охлаждения, Вт/м <sup>2</sup>	10	15	20	25	30	35
Градусо-сутки охладительного периода	Базовый уровень удельного расхода электроэнергии на систему кондиционирования воздуха, кВт·ч/м <sup>2</sup> в год					
20	3,6	4,7	5,8	6,9	8,0	9,1
50	6,7	8,1	9,4	10,8	12,1	13,5
100	10,5	12,3	14,0	15,8	17,5	21,0
150	15,0	17,0	19,0	21,0	23,0	27,0
200	19,6	21,9	24,2	26,5	28,8	33,4
250	24,2	26,8	29,4	32,0	34,6	39,8
300	27,8	30,7	33,6	36,5	39,4	45,2
350	32,1	35,2	38,2	41,5	44,3	50,4
400	36,4	39,6	42,8	48,0	52,4	58,8

Примечание. Для базового уровня принят коэффициент сменности эксплуатации системы кондиционирования воздуха равным 0,8; коэффициент энергетической эффективности холодильной машины (кондиционера), приводимый в технической документации изготовителя (величина, обратная EER), – 0,4; удельный воздухообмен – 8 м<sup>3</sup>/ч на 1 м<sup>2</sup> обслуживаемой площади; обслуживаемая площадь совпадает с полезной.

**Базовый уровень удельного расхода электрической энергии на привод циркуляционных насосов:**

- для системы отопления и теплоснабжения системы вентиляции  $w_{от}^{нас}$  определяется по формуле (9);
- для систем горячего водоснабжения  $w_{вент}^{нас}$  – по формуле (10).

**Базовый уровень удельного расхода электрической энергии на привод вентиляторов**  $w_{\text{вент}}$  систем вентиляции определяется по формуле (11), где объем вентиляционного воздуха  $V_{\text{общ}}$ , подаваемый системами вентиляции за год, в расчете на 1 м<sup>2</sup> полезной площади вычисляется по формуле (12).

**Базовые уровни удельного расхода электрической энергии на систему освещения** определены в зависимости от режима эксплуатации объекта и среднего нормативного уровня освещенности помещений объекта (табл. 5). На величину расходов энергии влияет географическая широта расположения объекта: отличается доля светлого времени суток в году, приходящегося на период бодрствования. Таким образом, базовый уровень удельного расхода электроэнергии на систему освещения должен быть скорректирован по формуле (16).

Таблица 4

**Коэффициент сменности эксплуатации системы кондиционирования воздуха в зависимости от числа часов работы системы в неделю**

Длительность работы, ч	6–80	81–100	101–120	121–140	141–168
Коэффициент $K_{\text{см}}^{\text{пр}}$	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0

Таблица 5

**Базовый уровень удельного расхода электроэнергии на систему освещения различных спортивных объектов**

Режим эксплуатации, ч/неделя	61–80	81–100	101–120	121–140	141–168
Объекты	Базовый уровень удельного расхода электроэнергии на систему освещения, кВт·ч/м <sup>2</sup> в год				
Ледовые дворцы и комплексы	14	17	20	23	26
Футбольные стадионы*	11	14	17	20	22
Игровые залы	12	15	18	21	24
Бассейны	15	18	21	24	26

\* Базовый уровень удельного расхода энергии во всех представленных таблицах отнесен к полезной площади здания. Под полезной площадью футбольных стадионов понимается подтрибунное пространство.

Таблица 6

**Поправочный коэффициент на долю светлого времени суток в году, приходящегося на период бодрствования**

Широта, град.	42	46	50	54	58	62	66	70
Коэффициент $K_{\text{см}}^{\text{пр}}$	0,95	0,96	0,98	1,00	1,03	1,06	1,09	1,10

Итак, с помощью рассчитанных базовых уровней удельного расхода тепловой и электрической энергии на инженерные системы спортивных зданий и сооружений могут быть определены их классы энергетической эффективности.