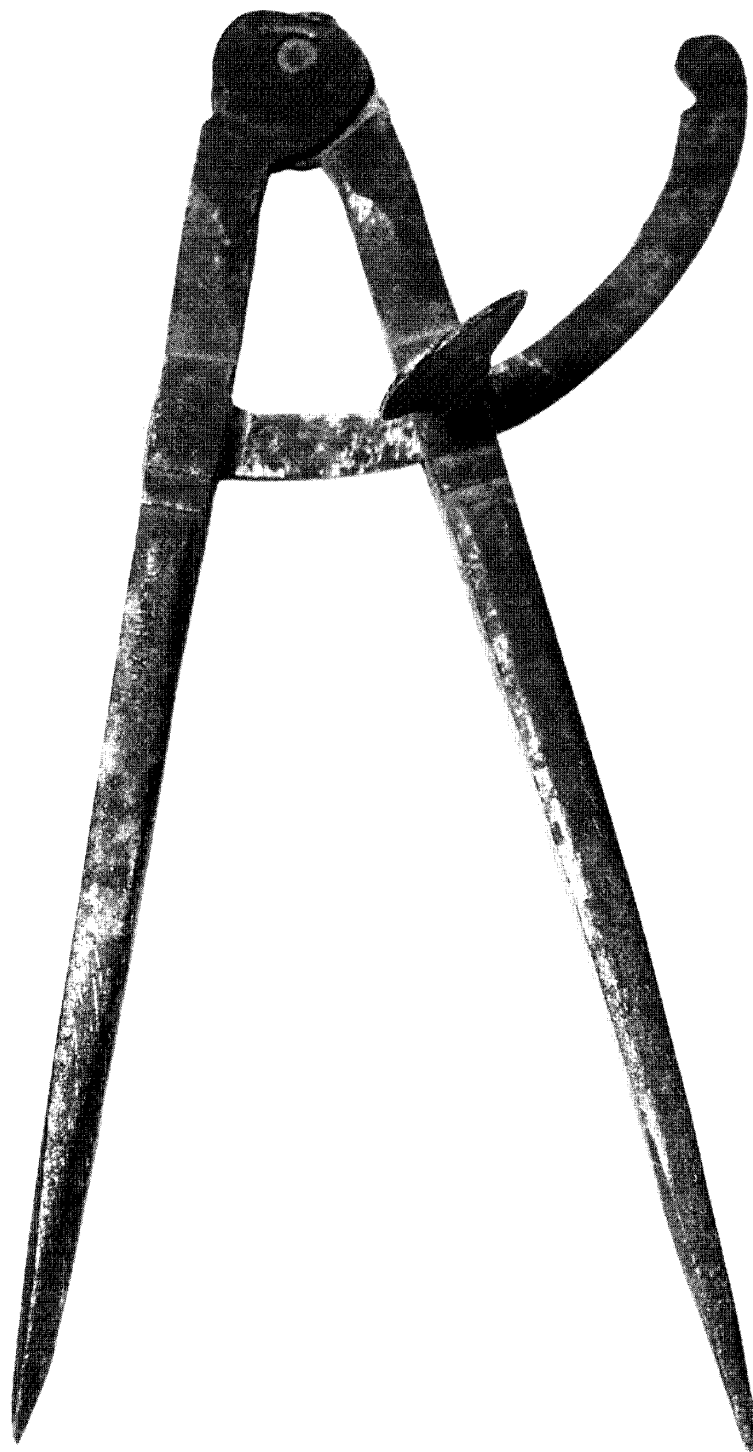


Российская Академия  
архитектуры и строительных наук

# ACADEMIA

архитектура и строительство



**Проектирование и строительство в последние 10–12 лет новых типов энергоэффективных зданий в соответствии с принятыми СНиП по тепловой защите зданий [1] и территориальными строительными нормами по энергосбережению в зданиях [2] позволили снизить на 35–45% расходы тепловой энергии на отопление строящихся и реконструируемых зданий.** Разработанные в 1995–2005 годах новые нормативные документы по энергосбережению в зданиях, как на федеральном, так и на региональном уровнях, включали новый нормируемый показатель – удельный расход тепловой энергии на отопление различных зданий, обеспечивающий существенное снижение энергопотребления за счет использования при проектировании высокоэффективных теплоизоляционных материалов, прогрессивных конструктивных решений наружных ограждений (расположения теплоизоляции с наружной стороны оболочки здания, повышения теплотехнической однородности наружных ограждений, применения энергоэффективных светопрозрачных конструкций, утилизации теплоты удаляемого из здания вентиляционного воздуха, оптимизации объемно-планировочного решения здания, оборудования систем отопления устройствами автоматического регулирования подачи тепла в помещения при изменении параметров наружной среды и т.д.).

Однако не все резервы энергосбережения в зданиях были использованы при разработке норм проектирования энергоэффективных зданий. Помимо расходов на отопление в зданиях тепловая энергия расходуется на горячее водоснабжение, а электрическая – на искусственное освещение и бытовые нужды. Первая попытка такого учета была сделана в 1999 году в МГСН 2.01-99 [3].

При разработке нормативов удельного энергопотребления зданий с учетом конструктивного решения наружных ограждений, систем отопления, теплоснабжения, горячего водоснабжения и искусственного освещения необходимо принять во внимание следующие обстоятельства. Расход теплоты на отопление здания рассматривается в течение отопительного периода и следовательно, зависит от района строительства. Расход теплоты на горячее водоснабжение происходит в течение всего года, он мало зависит от района строительства, на него оказывает влияние поведение жителей, температура подводимой для нагрева воды в холодное и теплое время года. Расход электроэнергии на искусственное освещение и бытовые нужды, осуществляемый в течение всего года, зависит от потребностей жителей, времени суток и периода года. В системах отопления и горячего водоснабжения измеряется расход тепловой энергии, а в системах искусственного освещения – расход электрической энергии.

Поэтому при совместном рассмотрении энергопотребления систем отопления, горячего водоснабжения и искусственного освещения принимается в расчет то, что годовой режим эксплуатации здания и расход энергии в этих системах осуществляется в одинаковых системных единицах. Для оценки энергопотребления здания с учетом нескольких си-

стем представляется целесообразным использовать удельный (на 1 м<sup>2</sup> площади пола помещений) годовой расход энергии зданием  $q_y^{des}$ , кВт·ч/м<sup>2</sup>.

Удельный годовой расход энергии зданием определяется по формуле:

$$q_y^{des} = Q_y / A_h, \quad (1)$$

где  $Q_y$  – общий годовой расход энергии зданием, учитывающий составляющие энергопотребления на отопление, горячее водоснабжение и искусственное освещение, кВт·ч;

$A_h$  – сумма площадей пола квартир  $A_i$  или полезной площади помещений  $A_j$ , за исключением технических этажей и гаражей, м<sup>2</sup>;

$$A_h = \sum A_i \text{ или } A_h = \sum A_j \quad (2)$$

Общий годовой расход энергии зданием  $Q_y$ , кВт·ч, учитывающий основные составляющие энергопотребления, определяется по формуле:

$$Q_y = Q_h^y + Q_{hw}^y + Q_w^y \cdot \xi, \quad (3)$$

где  $Q_h^y$  – расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода, кВт·ч, определяемый по СНиП 23-02 [1];

$Q_{hw}^y$  – годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение, кВт·ч, определяемый по формуле (5);

$Q_w^y$  – годовой расход электрической энергии на искусственное освещение и бытовые нужды, кВт·ч, определяемый по формуле (7);

$\xi$  – коэффициент приведения электрической к тепловой энергии;

$$\xi = e_0^{des} / e_0^p, \quad (4)$$

где  $e_0^{des}$ ,  $e_0^p$  – расчетные коэффициенты энергетической эффективности систем тепло- и электроснабжения соответственно.

Годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение с учетом выключения системы на ремонт  $Q_{hw}^y$  определяется по формуле:

$$Q_{hw}^y = [Q_{hw} / (1 + k_{ht})] \times \\ \times \{344 k_{ht} + (z_{wk} / 7) [z_{ht} + \alpha (344 - z_{ht}) (55 - t_{cs}) / (55 - t_c)]\}, \quad (5)$$

где  $Q_{hw}$  – среднесуточный за годовой период расход тепловой энергии на горячее водоснабжение, кВт, определяемый по формуле (6);

$k_{ht}$  – коэффициент, учитывающий потери теплоты трубопроводами систем горячего водоснабжения;

$z_{ht}$  – продолжительность отопительного периода, сут;

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий снижение уровня водозабора в зданиях в летний период. Для жилых зданий  $\alpha = 0,8$ , для остальных  $\alpha = 1$ ;

$t_{cs}$  – температура холодной воды в летний период, принимается 15°C при водозаборе из открытых источников;

$z_{wk}$  – число суток потребления в неделю: для жилых зданий – 7 суток, для общественных зданий – число рабочих дней в неделю;

344 – продолжительность пользования центральным горячим водоснабжением в течение года, сут;

$t_c$  – температура холодной воды, °С, принимается равной 5°С.  
Среднесуточный за годовой период расход тепловой энергии на горячее водоснабжение  $Q_{hw}$  определяется по формуле:

$$Q_{hw} = g \cdot m(55 - t_c)(1 + k_{hl})\rho_w c_w / 3,6 \cdot 10^{-3}, \quad (6)$$

где  $g$  – средний за отопительный период расход воды одним пользователем (жителем), л/сут;

$m$  – число пользователей (жителей), чел;

$t_c, k_{hl}$  – то же, что и в формуле (5);

$\rho_w$  – плотность воды, равная 1 кг/л;

$c_w$  – удельная теплоемкость воды, равная 4,2 Дж/(кг·°С).

При определении величины  $Q_{hw}^y$  значения  $k_{hl}$  принимаются согласно разделу 5 МГСН 2.01, а при определении величины  $Q_{hw}$  значения  $g$  принимаются согласно СНиП 2.04.01 [4].

По нормам жилые и различные группы общественных зданий должны оснащаться системами горячего водоснабжения, а отдельные группы зданий в соответствии с их назначением расходуют большое количество горячей воды, например, предприятия общественного питания, бани, прачечные, больницы, спортивные сооружения. Нормами (СНиП 2.04.01 [4]) предусматриваются различные минимальные температуры горячей воды перед водозаборными приборами, а именно 60°С для централизованных систем горячего водоснабжения, присоединенных по открытой схеме, и 50°С для этих систем, присоединенных по закрытой схеме. Максимальная температура воды не должна превышать 75°С.

Годовой расход электрической энергии на искусственное освещение и бытовые нужды помещений зданий  $Q_w^y$ , кВт·ч с учетом продолжительности ее использования определяется по формуле:

$$Q_w^y = \sum \left( W_i \cdot A_i^n \cdot z_d \cdot z_y \cdot 10^{-3} \right), \quad (7)$$

где  $n$  – количество видов помещений в здании;

$W_i$  – удельная установленная мощность общего искусственного освещения  $i$ -го вида помещения здания, Вт/м<sup>2</sup>, определяемая по формуле (8);

$A_i$  – суммарная площадь помещений  $i$ -го вида помещений, м<sup>2</sup>;

$z_d$  – среднее число часов использования искусственного освещения в сутки, ч;

$z_y$  – число суток использования искусственного освещения в течение года, сут.

Удельная установленная мощность общего искусственного освещения  $i$ -го вида помещения  $W_i$  определяется по формуле:

$$W_i = W_0 (E_n / 100) (K_s / 1,5) (100 / \eta_l) (80 / \eta_w), \quad (8)$$

где  $W_0$  – базовое значение удельной мощности общего освещения помещения, Вт/м<sup>2</sup>, при освещенности 100 лк, КПД светильника 100% и коэффициенте запаса 1,5;

$E_n$  – нормируемая освещенность помещения, лк;

$K_s$  – нормируемый коэффициент запаса для данного вида помещения;

$\eta_l$  – коэффициент полезного действия применяемых светильников, %;

$\eta_w$  – световая отдача применяемого источника света, лм/Вт.

При определении величины  $Q_w^y$  и  $W_i$  значения  $W_0, E_n, \eta_w$  принимаются согласно разделу 8 МГСН 2.01-99, значение  $K_s$  – согласно СНиП 23-05 [5].

Годовая продолжительность использования электрической энергии для жилых и общественных зданий  $z_{yy}$ , ч, определяемая по формуле:

$$z_{yy} = z_d \cdot z_y \quad (9)$$

принимается по таблице 1.

Расчетная мощность электроэнергии в жилых зданиях  $W_n$ , кВт, определяется по формуле:

$$W_n = P \cdot n \quad (10)$$

где  $P$  – удельная нагрузка электроприемников квартир, принимаемая по таблице 2 в зависимости от числа квартир, типа кухонных плит, кВт, на одну квартиру;

$n$  – количество квартир, присоединенных к линии.

В последние 15–20 лет проектируется элитное жилье с квартирами повышенной комфортности. Решающим параметром является заявленная мощность на одну квартиру. В настоящее время по данным ОАО «Тяжпромэлектропроект» даже в муниципальных домах с электрическими плитами установленная мощность  $P = 14$  кВт.

Расчетное потребление электроэнергии в кВт для жилых зданий повышенной комфортности определяется по формуле:

$$W_n = P \cdot n \cdot k_i \cdot k_o, \quad (11)$$

где  $P$  – нагрузка электроприемников квартир повышенной комфортности по таблице 3;

$n$  – количество квартир;

$k_i$  – коэффициент спроса для квартир повышенной комфортности по таблице 3;

$k_o$  – коэффициент одновременности для квартир повышенной комфортности по таблице 4.

На базе разработанной методики были проведены расчеты удельного годового энергопотребления многоэтажных жилых домов повышенной комфортности в условиях г. Москвы с наличием нежилого первого этажа для размещения учреждений общественно-бытового назначения и подземной автостоянки.

1. Трехсекционный жилой дом с различной этажностью секций (9, 11 и 12 этажей).

2. Двухсекционный жилой дом с разной этажностью секций (6, 7 этажей).

В первом доме в цокольном этаже предусмотрены технические помещения, приточные и вытяжные камеры для вентиляционных систем здания, а также техническое пространство для прокладки инженерных коммуникаций. На первом этаже оборудованы нежилые помещения общественного назначения и учреждения бытового обслуживания. Входы в нежилые помещения – самостоятельные и изолированы от жилой части дома.

Жилые этажи высотой 3,3 м включают 80 квартир, рассчитанные на 252 человека.

Над жилыми этажами располагается технический (теплый) чердак. Такой чердак является конструктивным элемен-

Таблица 1

**Годовое число часов использования электрической энергии для жилых и общественных зданий**

Объект	Режим работы	Географическая широта	$Z_{\text{гг}}$ ч	
Освещение и бытовые нужды жилых квартир	–	Любая	2920	
Освещение в помещениях общественных зданий: помещения с естественным освещением	1 смена	Южнее 50° с. ш.	700	
		От 50° до 60° с. ш.	750	
		Севернее 60° с. ш.	850	
	2 смены	Любая	2250	
		3 смены	Любая	4150
		3 смены, непрерывная работа	Любая	4800
	помещения без естественного освещения	1, 2, 3, смены	Любая	4800
		1 смена	Любая	2150
		2 смены	Любая	4300
		3 смены	Любая	6500
3 смены, непрерывная работа		Любая	8760	
Освещение прилегающих территорий общественных зданий: включается ежедневно	До 24 ч	Любая	2100	
	До 1 ч	Любая	2450	
	Всю ночь	Любая	3600	
	включается в рабочие дни	До 24 ч	Любая	1750
		До 1 ч	Любая	2060
		Всю ночь	Любая	3000
Наружное освещение городов, поселков и сельских населенных пунктов	До 24 ч	Любая	1950	
	До 1 ч	Любая	2350	
	Всю ночь	Любая	3500	

Таблица 2

**Удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников квартир жилых зданий, кВт на одну квартиру**

Потребители электроэнергии	Удельная расчетная электрическая нагрузка при количестве квартир													
	1–5	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	400	600	1000
Квартиры с плитами на природном газе	4,5	2,8	2,3	2	1,8	1,65	1,4	1,2	1,05	0,85	0,77	0,71	0,69	0,67
Квартиры с электрическими плитами, мощностью 8,5 кВт	10	5,1	3,8	3,2	2,8	2,6	2,2	1,95	1,7	1,5	1,36	1,27	1,23	1,19

Таблица 3

**Коэффициенты спроса для квартир повышенной комфортности  $k_f$**

Заявленная мощность, кВт	до 14	20	30	40	50	60	70 и более
Коэффициенты спроса $k_f$	0,8	0,65	0,6	0,55	0,5	0,48	0,45

Таблица 4

**Коэффициенты одновременности для квартир повышенной комфортности  $k_o$**

Характеристика квартир	$k_o$ при числе квартир												
	1–5	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	400	600 и более
С электроплитами	1	0,51	0,38	0,32	0,29	0,26	0,24	0,2	0,18	0,16	0,14	0,13	0,11

том энергосбережения в оболочке здания, поскольку для повышения теплозащиты он использует вентиляционный воздух, удаляемый из жилых помещений. Покрытие теплого чердака – в виде несущей монолитной железобетонной плиты, утепленной минераловатными плитами.

Несущий каркас здания выполнен в виде пространственной структуры из монолитного железобетона, включает междуэтажные перекрытия, наружные и внутренние стены и перегородки. Такая структура основы здания позволяет возводить самонесущие (в пределах одного этажа) стены, создавая энергоэффективные конструкции наружных стен с применением многослойных решений, состоящих из теплоизоляционных материалов и мелкоштучных изделий. Таким образом реализуются как наружная теплоизоляция (наиболее эффективная) с тонким штукатурным слоем, так и различные модификации вентилируемых фасадных систем.

В данном доме стены выполнены многослойными с внутренним слоем в виде кладки из керамзитобетонных блоков, со средним слоем из минераловатных плит и облицовочным слоем в виде кладки в полкирпича из пустотного керамического кирпича. Кладка размещена на отnose, образуя с наружной поверхностью утеплителя воздушную прослойку.

Окна и балконные двери деревянные с двухкамерными стеклопакетами.

Все конструктивные решения наружных ограждающих конструкций характеризуют оболочку здания как энергоэффективную.

Во втором жилом доме применены другие энергоэффективные ограждающие конструкции, обеспечивающие снижение энергопотребления здания.

Наружные стены – многослойные с внутренним слоем из монолитного железобетона (несущая часть стен) и кладки из сплошного глиняного кирпича (самонесущая часть стен). Средний слой – минераловатные плиты ВЕНТИ БАТТС с устройством вентилируемой фасадной системы с облицовкой из алюминиевых кассетных плит. Светопроемы заполнены деревоалюминиевыми оконными блоками с двухкамерными стеклопакетами.

Покрытие – совмещенное по монолитному железобетонному перекрытию с утеплителем из экструзионного полистирола.

Для обеспечения эффективности регулирования температуры теплоносителя в системах отопления и горячего водоснабжения применены на вводах в здания пластинчатые теплообменники с автоматизацией установления температуры подаваемой воды в зависимости от изменения условий

наружной среды; на вводах отопительных приборов установлены термостатические краны.

При расчетах расходов тепловой энергии на отопление были учтены теплопотери через наружные ограждающие конструкции, инфильтрационные теплопотери в процессе поступления наружного воздуха при вентиляции помещений. В тепловом балансе учитывались теплопоступления от солнечной радиации и бытовые тепловыделения. При расчете годового расхода тепловой энергии на горячее водоснабжение принималась во внимание степень заселенности здания, неравномерность потребления горячей воды в течение суток и времени года, учитывалось плановое отключение горячей воды при проведении профилактического ремонта. При определении расхода электроэнергии на искусственное освещение и бытовые нужды учитывались степень спроса в зависимости от заявленной мощности на квартиру, коэффициенты одновременности включения в зависимости от числа квартир в жилом доме.

Проведенные по данной методике расчеты позволили получить следующие результаты: удельное (на 1 м<sup>2</sup> полезной площади) годовое энергопотребление многоэтажных жилых домов повышенной комфортности в условиях г. Москвы с учетом расходов энергии на отопление, горячее водоснабжение, электроосвещение и электропотребление на бытовые нужды  $q_y^{des}$  составило 155–165 кВт·ч/м<sup>2</sup>.

В заключение следует отметить, что предложенная методика может быть основой для разработки нормативов удельного годового расхода энергии жилых и общественных зданий для климатических условий Российской Федерации с учетом основных энергопотребляющих систем здания: отопления, горячего водоснабжения и искусственного освещения.

*Список литературы:*

1. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий. Госстрой России, М., 2004.
2. Осипов Г.Л., Матросов Ю.А., Бутовский И.Н. Территориальные нормы по теплозащите зданий. БСТ №8, 1999.
3. МГСН 2.01-99 Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодоэлектроснабжению. Правительство Москвы, М., 1999.
4. СНиП 2.04.01-85 Внутренний водопровод и канализация зданий. Госстрой СССР, М., 1986.
5. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение. Минстрой России, М., 1995.

Таблица 5

**Удельное энергопотребление многоэтажных жилых зданий**

Жилые здания	Показатели энергопотребления здания, кВт·ч/м <sup>2</sup> /%		
	на отопление	на горячее водоснабжение	на искусственное освещение
9–12-этажный трехсекционный жилой дом	73,7/48	47,9/31	32,6/21
6–7-этажный двухсекционный жилой дом	88,5/54	48,1/29	28,4/17