

ГРАДУСО-СУТКИ ОТОПИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА КАК ИНСТРУМЕНТ СРАВНЕНИЯ УРОВНЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ В РОССИИ И В ДРУГИХ СТРАНАХ

В. И. Ливчак, канд. техн. наук

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) характеризуют суровость зимы какого-либо региона (чем выше ГСОП, тем холодней). Без их учета невозможно проводить сопоставление уровня энергетической эффективности зданий, построенных в разных климатических районах. Однако методики определения ГСОП в России и других странах неодинаковы.



Градусо-сутки отопительного периода в России

В России значение ГСОП численно равно произведению разности среднесуточной температуры наружного воздуха за отопительный период (ОП) $t_{н,оп}$ и расчетной температуры внутреннего воздуха в здании $t_{в,р}$ на длительность ОП в сутках: $ГСОП = (t_{н,оп} - t_{в,р}) \cdot Z_{оп}$.

Длительность отопительного периода (ОП) в соответствии с СП 124.13330.2012 «Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003» определяется количеством суток, в которых среднесуточная температура наружного воздуха устойчиво ниже 8 °С. А в СП 131.13330.2012 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*» приводится

в зависимости от региона строительства длительность устойчивого стояния таких температур, осредненная за период наблюдения с 1966 по 2010 годы¹, и значение среднесуточной температуры наружного воздуха за этот период.

Значение температуры в 8 °С с учетом необеспеченности систем отопления средствами авторегулирования принято из экономических соображений. Полагается, что разность между расчетной температурой внутреннего воздуха² 20 °С и температурой на улице 8 °С будет компенсирована внутренними (бытовыми) теплопоступлениями, частично за счет внешних теплопоступлений с солнечной радиацией и аккумулирующей способности здания и находящейся в нем мебели.

Градусо-сутки отопительного периода для США и стран Европы

За рубежом градусо-сутки отопительного периода обозначаются HDD (heating degree days) и определяются в США умножением абсолютного значения разности среднесуточной температуры наружного воздуха T_m за дни, когда она ниже базовой температуры $T_b = 65$ °F (18,3 °С), и этой базовой температуры на количество таких дней в году. Градусо-сутки охладительного периода обозначаются CDD (cooling degree days) и рассчитываются по той же формуле для дней, среднесуточная температура наружного воздуха которых выше этой базовой температуры:

$$\text{HDD (или CDD)} = \sum_{i=1}^{12} |T_m - T_b|.$$

В Великобритании и большинстве стран Европейского союза используют ту же формулу, однако в качестве порогового значения среднесуточной температуры наружного воздуха, ниже которой дни относятся к ОП, принимается температура в 15,5 °С, но в качестве базовой температуры внутреннего воздуха принимается 18 °С. Поскольку дней со среднесуточной температурой наружного воздуха ниже 18 °С, но выше 15,5 °С не так много, европейцы, анализируя показатели из США, в расчетах округляют T_b в пересчете с градусов Фаренгейта на градусы Цельсия до 18 °С, и тогда значения HDD, определенные по методикам США и ЕС, практически совпадают.

¹ По предыдущему СНиП 23-01-99 с 1966 по 1980 годы.

² Принимается по СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003». До изменений 1997 года предыдущей редакции СНиП 2.04.05-91* было 18 °С. Такая же температура была указана в Приложении 1 СНиП 2.04.07-86* «Тепловые сети» с изменениями 12 октября 2001 года до появления новой редакции СНиП 41-02-2003.

³ Из СП 131.13330.2012 (действует с 1 января 2013 года).

Сопоставление различных методик определения ГСОП

Следует осторожно пользоваться программами расчета градусо-суток, которые, как правило, не расшифровывают исходные данные алгоритма расчета. Например, первая же программа, открывающаяся в Интернете на сайте www.degreedays.net, по которой можно определить HDD или CDD для любого города, по умолчанию предлагает базовое значение температуры 15,5 °С. Это наводит на мысль, что в нее заложена европейская методика определения HDD.

Однако последующий анализ, который не обязательно будет делать каждый, кто использует эту программу, показывает, что 15,5 °С – это и базовая и пороговая температура, и разными, как это принято в Европе, в этой программе их сделать нельзя. В результате по этой программе для Москвы получается усредненное $\text{HDD} = 3937$ °С•сут., в то время как при пороговой температуре 15,5 °С, но при $T_b = 18$ °С будет $\text{HDD} = 4547$ °С•сут., что совпадает с определенным по российской методике 2012 года значением ГСОП = $(20 + 2,2) \cdot 205 = 4551$ °С•сут.

Для более достоверного сопоставления методик определения ГСОП приводим результаты расчета ГСОП по методикам США и ЕС, которые сравниваются с расчетами по методике СНиП 23-02-2003 за периоды климатических наблюдений до 1980 года и с добавлением до 2010 года³ для двух городов, характерных для европейской (Москва) и азиатской (Новосибирск) частей России

СПРАВКА

ГСОП используются в следующих целях:

- для нормирования сопротивления теплопередаче наружных ограждений зданий, сооружаемых в разных регионах страны;
- для расчета потребности тепловой энергии на отопление и вентиляцию за ОП или его части;
- для пересчета фактически измеренного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию за какой-то период к нормативному отопительному периоду;
- для сопоставления удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию аналогичного по назначению и этажности здания, построенного в разных климатических условиях.

Таблица 1 Расчет ГСОП для Москвы и Новосибирска по методикам, используемым в США¹ и в странах ЕС², в сравнении с методикой, принятой в России³

Месяц	Москва						Новосибирск					
	$T_{н.ср}^{2003^4}$	США 65 ° F = 18,3 ° C	ЕС 15,5 ° C	$T_{н.ср}^{2012^5}$	США 65 ° F = 18,3 ° C	ЕС 15,5 ° C	$T_{н.ср}^{2003^4}$	США 65 ° F = 18,3 ° C	ЕС 15,5 ° C	$T_{н.ср}^{2012^5}$	США 65 ° F = 18,3 ° C	ЕС 15,5 ° C
Январь	-10,2	884	874	-7,8	809	800	-18,8	1 150	1 141	-17,3	1 104	1 094
Февраль	-9,2	770	762	-7,1	711	703	-17,3	997	988	-15,7	952	944
Март	-4,3	701	691	-1,3	608	598	-10,1	880	871	-8,4	828	818
Апрель	4,4	417	408	6,4	357	348	1,5	504	495	2,2	483	474
Май	11,9	198	189	13,0	164	155	10,3	248	239	11,1	223	214
Июнь	16,0	69	36	16,9	42	11	16,7	48	35	17,0	39	26
Июль	18,1	0	0	18,7	0	0	19,0	0	0	19,4	0	0
Август	16,3	62	38	16,8	45	23	15,8	78	53	16,8	47	35
Сентябрь	10,7	228	219	11,1	216	207	10,1	246	237	10,2	243	234
Октябрь	4,3	434	425	5,2	406	397	1,9	508	499	2,5	490	481
Ноябрь	-1,9	606	597	-1,1	582	573	-9,2	825	816	-7,4	771	762
Декабрь	-7,3	794	784	-5,6	741	732	-16,5	1 079	1 070	-14,5	1 017	1 008
Итого ⁶	4,1	5 163	5 023	5,4	4 681	4 547	0,2	6 563	6 444	1,3	6 197	6 090
$Z_{оп}/T_{н.ср.оп}$	214/ -3,1	334/ +2,85	295/ +1,0	205/ -2,2	334/ +4,3	284/ +2,0	230/ -8,7	334/ -1,35	297/ +2,0	221/ -8,1	334/ -0,25	291/ +3,7
ГСОП ₁₈	4 515	1,14 ⁷	1,11 ⁷	4 141	1,13 ⁷	1,10 ⁷	6 141	1,07 ⁷	1,05 ⁷	5 768	1,07 ⁷	1,06 ⁷
ГСОП ₂₀	4 943	1,04 ⁷	1,02⁷	4 551	1,03 ⁷	1,0⁷	6 601	0,99 ⁷	0,98⁷	6 210	1,0 ⁷	0,98⁷

¹ Пороговая температура наружного воздуха и базовая температура внутреннего воздуха принимаются одинаковыми: 65 ° F = 18,3 ° C.

² Пороговая температура наружного воздуха равна 15,5 ° C, а базовая внутреннего – 18 ° C.

³ Пороговая температура наружного воздуха равна 8 ° C, а внутреннего воздуха 18 ° C до 2003 года и 20 ° C после 2003 года.

⁴ Осредненные данные за период наблюдений 1966–1980 годов (СНИП 23-01-99*).

⁵ Осредненные данные за период наблюдений 1966–2010 годов (СП 131.13330.2012).

⁶ В строке «Итого» для колонок « $T_{н.ср}$ » приводится средняя за год температура наружного воздуха, в остальных – значение ГСОП, определенное по методике США (65 ° F) и ЕС (15,5 ° C).

⁷ Отношение величин ГСОП по методикам США и ЕС (из строки «Итого») к значениям ГСОП России, указанным в колонках « $T_{н.ср}$ » и рассчитанным для температуры внутреннего воздуха 18 ° C (ГСОП₁₈) и 20 ° C (ГСОП₂₀).

(табл. 1). Анализируя данные (табл. 1), можно увидеть, что показатели ГСОП, определенные по методике ЕС, близки к показателям ГСОП Москвы и Новосибирска, определенным по СНИП 23-02-2003 для базовой температуры внутреннего воздуха 20 ° C. Отклонения (табл. 1, выделено жирным шрифтом) не превышают $\pm 2\%$, что вполне допустимо в сравнении с точностью измерения теплотребления сертифицированным прибором учета $\pm 4\%$.

Это отличается от принятого сопоставления в [1], где значение ГСОП в России определялось по климатическим наблюдениям только 2012 года и базовая внутренняя температура принималась 18 ° C. Также в [1] оценка удельного расхода тепловой энергии на отопление зданий в России производится по статистическим данным. Однако в стране еще не налажено систематическое измерение фактического теплотребления зданиями, а потому непонятна достоверность данных [1].

Анализ фактического теплотребления на отопление МКД Москвы в сопоставлении с требуемым

В Москве более чем для 2 000 объектов нами была выполнена обработка данных расхода тепловой энергии на отопление многоквартирных домов (МКД) типовых серий по результатам измерения теплосчетчиками, пересчитанными на нормализованный ОП с базовой температурой в квартирах 20 ° C (табл. 2). Рассматривались здания, введенные в эксплуатацию как с 1962 по 1999 годы (до дополнительного утепления), так и после 2000 года с утеплением согласно требованиям СНИП II-3-79*.

Следует заметить, что до новых требований повышения теплозащиты фактическое средневзвешенное удельное теплотребление зданий на отопление за отопительный

период по Москве составило 190 кВт•ч/м². Эта величина подтверждается расчетами по единой методике, изложенной в стандарте СТО НОП 2.1–2014 «Требования к содержанию и расчету показателей энергетического паспорта проекта жилого и общественного здания», ожидаемого значения с отклонениями ±5% при количестве измерений более 10 зданий в серии (табл. 2, последняя колонка).

Измерение фактического теплопотребления домов с улучшенной теплоизоляцией не показало ожидаемой экономии энергии. К сожалению, это не вызывает удивления. Так и должно было случиться из-за пересмотра требований СНиП отопления в 1995 году в сторону увеличения тепловой нагрузки на отопление, пренебрежения влиянием бытовых тепловыделений в квартирах при расчете теплопотерь помещениями, игнорирования этих обстоятельств при разработке режимов эксплуатации систем отопления

и неэффективности приборов индивидуального авторегулирования теплоотдачи отопительных приборов. Но это поправимо: в [2] приводятся доказательства, что имеющимися средствами при наличии автоматического узла управления системой отопления (АУУ) или ИТП можно добиться ожидаемого энергосбережения без дополнительных капиталовложений.

Сравнение тепловой энергоэффективности зданий разных стран

Отнесение удельного годового теплопотребления на отопление МКД к ГСОП Москвы = (20 + 3,1) • 214 = 4943 °С•сут. (действовал до утверждения СП 131.13330.2012) позволяет сопоставить полученный показатель тепловой энергоэффективности МКД, построенных в Москве до 2000 года

Таблица 2 Сопоставление фактически измеренного и требуемого удельных расходов тепловой энергии на отопление для жилых домов* типовых серий за отопительный период

Серия дома (годы строительства)	Количество обследованных зданий	Удельный расход тепловой энергии на отопление здания, кВт•ч/м ²		Отношение $q_{от.факт.}^{год} / q_{от.тр.}^{год}$
		$q_{от.факт.}^{год}$	$q_{от.тр.}^{год}$	
II-49/9 (1962–1980)	964	190	187	1,02
II-49/9 (2008–2009) после капремонта	7	163	86	1,90
II 18-01/12 (1966–1973)	973	194	185	1,05
II 18-01/12 (2008–2009) после капремонта	31	164	95	1,73
П-30/12 и 14 (1980–1984)	14	189	180	1,05
П-46/9 и 14 (1988–1999)	18	181	188	0,96
П-46М/7 и 12 (2001–2002)	8	152	97	1,57
КОПЭ/18 и 22 (1988–1998)	20	192	195	0,98
КОПЭ/18 и 22 (1984–1998)**	9	191	195	0,98
КОПЭ 2000 (2002–2009)**	3	159	106	1,50
П-3/10-17 (1990–1995)	16	150	157	0,96
П-3М/16,17 (1999)	4	140	159	0,88
П-3М/12-17 (2001–2002)	8	142	86	1,65
П-3/16 (1976–1982)**	3	186	157	1,18
П-3М/14-17 (2005–2009)**	5	164	86	1,91
П-44/16 (1980–1981)	15	179	189	0,95
П-44/16*** (1986–1990)	7	161	167	0,96
П-44/10-17 (1991–1996)	11	150	158	0,95
П-44Т/10-17 (2001–2002)	23	156	105	1,49
П-44/16*** (1982–1986)**	6	180	189	0,95
П-44/16*** (1987–1990)**	3	192	167	1,15
П-44/17 (1993–1995)**	4	186	158	1,18
П-44Т/10-17 (2001–2002)**	9	181	105	1,72
Средневзвешенное значение до 2000 года	2 077	190		

* Жирным шрифтом выделены здания, выполненные с утеплением наружной оболочки.

** Обработка данных измерений, полученных другим источником исследования.

*** Здание серии П-44/16 согласно московскому строительному каталогу имеет 17 этажей.

$\theta_{\text{эн/эф}} = 190/4943 = 0,038 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С} \cdot \text{сут.})$. Данный результат, как ни странно, близок к такому же показателю для России в целом из [1] $\theta_{\text{эн/эф}} [1] = 0,04 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С} \cdot \text{сут.})$, но не коррелируется с аналогичными показателями других стран.

Из [1] следует, что в Финляндии, Германии и Швеции потребление энергии МКД на отопление равно 0,049–0,056 кВт·ч/м²/ГСОП, но это противоречит приведенной там же табл. 2б, где представлены показатели удельного годового теплотребления, отнесенные к ГСОП, всех жилых зданий, включая малоэтажные и многоквартирные, которых по сведениям автора в Европе довольно много (от 15% в Швеции до 77% в Голландии), и они потребляют на 8–28% больше энергии на отопление 1 м², чем МКД. Так, по табл. 2б в перечисленных Германии – 0,049 кВт·ч/м²/ГСОП, в Финляндии и Голландии – 0,038 кВт·ч/м²/ГСОП, в Швеции – 0,032 кВт·ч/м²/ГСОП. И это показатели для всех жилых зданий, а для МКД они должны быть еще ниже.

Таким образом, показатели, приведенные в [1, табл. 2б], не подтверждают тезис о сравнительно небольшом отставании России в энергоэффективности жилого фонда МКД по сравнению со странами Северной Европы и Америки.

Более того, отсутствует перспектива ликвидации этого отставания, поскольку в 2000-х годах в упомянутых зарубежных странах прошли 2–3 волны повышения требований к энергетической эффективности строящихся и капитально ремонтируемых зданий, в том числе за счет повышения тепловой защиты наружных ограждений. Мы же топчемся на месте, пытаемся обосновать экономическую нецелесообразность таких решений. В отношении малоэтажных и многоквартирных зданий оказалось еще хуже – по постановлению правительства РФ № 145⁴ от 5 марта 2007 года эти здания выпали из-под контроля экспертизы и стройнадзора, что, безусловно, неправильно и позволяет застройщику игнорировать применение энергосберегающих решений при их строительстве.

Повышение энергоэффективности российского жилого фонда

Для ликвидации этого отставания специалистами НП «АВОК» предложен ряд мероприятий в области нормирования, проектирования и экспертизы для обеспечения строительства энергоэффективных зданий [3, 4], которые следуют из обязательств выполнения Постанов-

ления Правительства России от 25 января 2011 года № 18 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий». Выполнение этих мероприятий позволит нашей стране к 2020 году ликвидировать отставание от передовых стран Европы в области энергетической эффективности строящихся зданий. Но остается проблема с существующими зданиями, на отопление которых тратится неизмеримо большее количество энергии, чем на новое строительство.

В настоящее время при проведении капитального ремонта существующих зданий внедрение энергоэффективных материалов и технологий сдерживается некоторым удорожанием строительства. Однако, как показывают расчеты, это удорожание в разы компенсируется экономией, полученной в период жизненного цикла эксплуатации домов [5, 6].

Критерий стоимости жизненного цикла товара или созданного в результате выполнения работы объекта включает в себя расходы на проектирование, монтаж, последующее обслуживание, эксплуатацию в течение срока службы, ремонт, утилизацию созданного в результате выполнения работы объекта. Несмотря на возможное увеличение первоначальной стоимости капремонта, за счет существенного сокращения операционных расходов на стадии эксплуатации здания, которые в среднем составляют 75% от общего жизненного цикла жилого дома, расширяются горизонты реализации энергосберегающих решений.

Литература

1. Башмаков И. А. Энергоэффективность зданий в России и в зарубежных странах // Энергосбережение. 2015. № 3.
2. Ливчак В. И. Доведение энергоэффективности многоквартирных домов нового строительства до нормируемого значения // Энергосовет. 2015. № 2.
3. Ливчак В. И. Неоконченная история с реализацией практики проектирования энергоэффективных зданий // Энергосовет. 2014. № 6.
4. Нерешенные задачи энергоэффективности зданий // Энергосбережение. 2015. № 2.
5. Наумов А. Л., Капко Д. В., Судьина О. С. Энергоэффективность, стоимость жизненного цикла и зеленые стандарты. // Здания высоких технологий. 2014. Осень.
6. Николаева Е. Л., Казейкин В. С. Новый подход к проектированию энергоэффективных жилых домов путем использования стоимости затрат жизненного цикла зданий // Инженерные системы. АВОК Северо-Запад. 2015. № 2. ■

⁴ Постановление Правительства РФ от 5 марта 2007 года № 145 «О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий».