



ВЛИЯНИЕ КЛИМАТА НА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ ЗДАНИЙ

МОНИТОРИНГ ДАННЫХ СП «СТРОИТЕЛЬНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ»

А. С. Горшков, канд. техн. наук, директор учебно-научного центра «Мониторинг и реабилитация природных систем» ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»; **П. П. Рымкевич**, канд. физ.-мат. наук, профессор кафедры физики ФГБВОУ ВПО «Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского»; **А. А. Романова**, канд. техн. наук, доцент кафедры физики ФГБВОУ ВПО «Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского»

Ключевые слова: здания, проектирование, климатические параметры, отопительный период, градусо-сутки отопительного периода, теплоизоляция, сопротивление теплопередаче

На энергопотребление зданий, помимо прочего, влияют климатические характеристики района проектирования и строительства. Поэтому так важны данные, представленные в актуализированной редакции свода правил 131.13330 «Строительная климатология» (далее – СП 131.13330). Предлагаем анализ данных СП 131.13330, выполненный на основании показаний табл. 3.1* данного документа. Укажем градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) для всех населенных пунктов, представленных в нем, и отметим районы с экстремальными значениями климатологических параметров.

Энергопотребление зданий зависит от большого количества факторов: от площади проектируемого здания, его строительного объема, компактности, степени остекленности фасадов и их ориентации по сторонам света, уровня теплоизоляции наружных ограждающих конструкций, наличия теплопроводных включений в их составе, герметичности наружной оболочки, оснащенности здания приборами учета потребляемых энергоресурсов, эффективности инженерного оборудования, степени его автоматизации, качества управления и даже поведения жильцов [1–7] – и, конечно, от климатических

характеристик района проектирования и строительства. При прочих равных условиях энергопотребление зданий будет тем выше, чем в более холодном климате они расположены.

В этой связи при проектировании зданий в регионах с более холодным климатом нормами предусмотрено некоторое повышение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций (см. формулу (1)).

ГСОП зависят не только от продолжительности отопительного периода, но и от разности температур внутреннего и наружного воздуха (см. формулу (2)). А величина ГСОП влияет на уровень теплоизоляции наружных ограждающих конструкций проектируемого здания: чем больше ГСОП, тем выше требуемые значения сопротивления теплопередаче. Этим для районов с более холодным климатом частично компенсируются потери тепла, обусловленные более высокой разностью температур внутреннего и наружного воздуха, через оболочку здания. Чем выше сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций, тем меньшими будут потери тепла через оболочку и тем меньше потребуются подвести к зданию тепловой энергии для компенсации потерь. Таким образом, градусо-сутки отопительного периода являются основной климатической характеристикой района строительства при расчете ограждающих конструкций.

Температура внутреннего воздуха

В соответствии с требованиями СП 50.13330 «Тепловая защита зданий» (п. 5.2) при расчете ограждающих конструкций в качестве температуры внутреннего воздуха $t_{в}$ принимается минимальное значение оптимальной температуры соответствующих зданий по ГОСТ 30494¹ (в интервале 20–22 °С). Оптимальные и допустимые нормы температуры внутреннего воздуха в жилых помещениях для холодного периода показаны в табл. 1.

Таким образом, при проектировании жилых зданий в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92):

- выше –31 °С численное значение температуры внутреннего воздуха $t_{в}$ в формуле (2) следует принимать равным 20 °С;
- –31 °С и ниже – $t_{в}$ в формуле (2) следует принимать равным 21 °С.

¹ ГОСТ 30494–2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» (с поправкой).

Таблица 1 Оптимальные и допустимые нормы температуры в жилых комнатах для холодного периода года

Наименование помещения	Температура воздуха $t_{в}$, °С	
	оптимальная	допустимая
Жилая комната	20–22	18–24
Жилая комната в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) –31 °С и ниже	21–23	20–24

Параметры отопительного периода

Отопительный период характеризуется продолжительностью $z_{от}$ и средней температурой наружного воздуха $t_{от}$. Эти показатели при проектировании жилых и некоторых типов общественных зданий (за исключением лечебно-профилактических, детских учреждений и домов-интернатов для престарелых) принимаются по СП 131.13330 для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8 °С.

РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ

Нумерация формулы в тексте	Формула
(1)	$R_{тр} = a \cdot \text{ГСОП} + b$
(2)	$\text{ГСОП} = (t_{в} - t_{от}) \cdot z_{от}$
(3)	$\text{ГСОП}_{\text{СР.АРИФМ}} = \sum_{i=1}^{465} \text{ГСОП}_i / 465$
(4)	$\text{ГСОП}_{\text{СР.ВЗВЕШ}} = \sum_{i=1}^{465} \text{ГСОП}_i \cdot N_i / \sum_{i=1}^{465} N_i$

Обозначения в формулах

$R_{тр}$ – требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций

a, b – коэффициенты для соответствующих групп зданий и типов ограждающих конструкций, значение которых следует определять по данным СП 50.13330 «Тепловая защита зданий» (табл. 3)

ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, °С·сут.

$t_{в}$ – расчетная температура внутреннего воздуха, °С

$t_{от}$ – средняя температура наружного воздуха отопительного периода, °С

$z_{от}$ – продолжительность отопительного периода, сут./год

$\text{ГСОП}_{\text{СР.АРИФМ}}$ – среднее арифметическое значение ГСОП

$\text{ГСОП}_{\text{СР.ВЗВЕШ}}$ – среднее взвешенное значение ГСОП

N_i – численность населения в i -том населенном пункте, чел.

$\sum_{i=1}^{465} N_i$ – суммарная численность населения пунктов, указанных в табл. 3.1* СП 131.13330, чел.

Таблица 2 Распределение населенных пунктов, указанных в табл. 3.1* СП 131.13330, по численности населения

Численность населения, чел.	Количество населенных пунктов
Менее 1 000	131
1 000–9 999	128
10 000–49 999	84
50 000–99 999	28
100 000–499 999	59
500 000–1 000 000	20
Более 1 000 000	15
ИТОГО	465

Примечание: Численность населения указанных в СП 131.13330 населенных пунктов принята по данным Росстата [8] на 1 января 2016 года.

Анализ данных таблицы 3.1* (СП 131.13330)

В табл. 3.1* размещена информация по 465 населенным пунктам, 7 из которых расположены на территории Крыма (Ай-Петри, Керчь, Клепинино, Севастополь, Симферополь, Феодосия, Ялта) и добавлены в 2015 году. В список населенных пунктов включены все 15 городов с численность населения более 1 млн жителей, расположенные на территории Российской Федерации (табл. 2).

Из общего перечня населенных пунктов, представленных в табл. 3.1*, выявлены 54, по которым отсутствуют сведения о наличии и количестве проживающего в них населения.

Таблица 3 Населенные пункты с экстремальными значениями ГСОП

Населенный пункт	ГСОП, °С•сут.
	Наиболее низкие значения
Сочи	1 260
Ялта	1 877
Севастополь	2 081
Дербент	2 249
Феодосия	2 357
	Наиболее высокие значения
Саскылах	12 412
Верхоянск	12 512
Иэма	12 819
Оймякон	12 853
Мыс Челюскина	12 994

Большинство населенных пунктов с количеством жителей 0 расположены в районах Крайнего Севера и представляют собой метеостанции. Некоторые метеостанции в открытых источниках указаны как консервированные, например Хоседа-Хард (Ненецкий АО), Березово (Чукотский АО). Ряд таких населенных пунктов относятся к затопленным территориям, например Кежма (Богучанское водохранилище), Туой-Хая (водохранилище Вилуйской ГЭС), Илимск (Усть-Илимское водохранилище). Ряд поселков заброшены или упразднены, например Аркагала (Магаданская обл.), Борковская (Архангельская обл.), Дружина (Республика Саха), Погиби (Сахалинская обл.) и др. Некоторые представляют собой вахтовые поселки (Варандей, Ненецкий АО) или нефтебазы (Джарджан, Республика Саха).

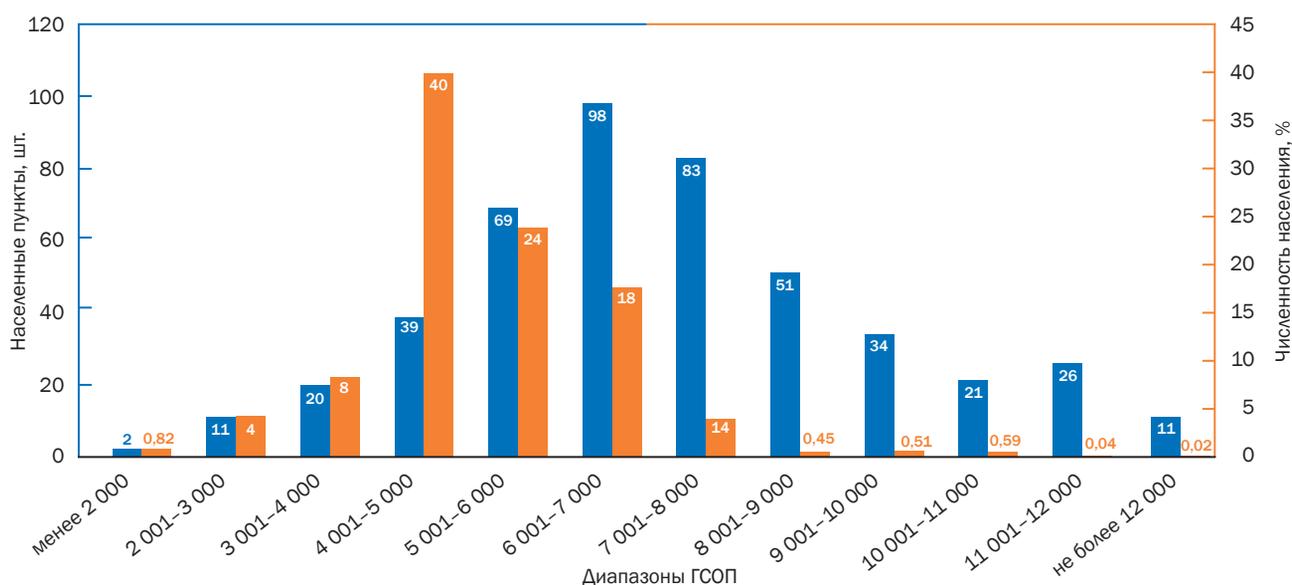


Рис. Диаграммы распределения населенных пунктов и распределения доли граждан, проживающих в населенных пунктах, указанных в табл. 3.1* СП 131.13330, в зависимости от диапазона ГСОП

Таблица 4 Населенные пункты с экстремальными значениями продолжительности отопительного периода

Населенный пункт	$Z_{от}, \text{сут.}$
	Наиболее низкие значения
Сочи	94
Ялта	126
Севастополь	136
Дербент	138
Феодосия	142
	Наиболее высокие значения
Варандей	323
Ходовариха	330
Юкспор	340
Марресаля	365
Мыс Челюскина	365

Таблица 5 Населенные пункты с экстремальными значениями средней температуры наружного воздуха за отопительный период $t_{от}$

Населенный пункт	$t_{от}, ^\circ\text{C}$
	Наиболее низкие значения
Оймякон	-25,4
Верхоянск	-25,0
Усть-Мома	-24,1
Нера	-23,8
Томпо	-23,3
	Наиболее высокие значения
Феодосия	3,4
Дербент	3,7
Севастополь	4,7
Ялта	5,1
Сочи	6,6

Таблица 6 Населенные пункты с экстремальными значениями температуры воздуха наиболее холодной пятидневки t_h

Населенный пункт	$t_h, ^\circ\text{C}$
	Наиболее низкие значения
Оймякон	-59
Сухана	-59
Верхоянск	-58
Нера	-58
Екючю	-58
	Наиболее высокие значения
Севастополь	-11
Дербент	-9
Красная Поляна	-9
Ялта	-6
Сочи	-2

Населенный пункт Костычевка на территории Волгоградской области вообще не выявлен.

По некоторым населенным пунктам количество зарегистрированных в них жителей не превышает 10 чел., например Терско-Орловский (Мурманская обл.), Пулозеро (Мурманская обл.), Ичера (Иркутская обл.), Гроссевичи (Хабаровский край).

Есть и просто ошибки: так, областной центр Кировской области в табл. 3.1* указан как Вятка (название г. Кирова до 1457 года и с 1780 по 1934 годы).

Поэтому можно сделать вывод, что данные, представленные в табл. 3.1*, требуют корректировки и уточнения.

Населенные пункты с экстремальными климатическими условиями

В рамках данного исследования рассчитаны градусо-сутки отопительного периода для всех населенных пунктов, представленных в табл. 3.1* СП 131.13330.

Самое низкое значение ГСОП, рассчитанное по формуле (2), оказалось в Сочи – 1260 $^\circ\text{C}\cdot\text{сут.}$, самое высокое – на мысе Челюскин (Таймырский АО) – 12994 $^\circ\text{C}\cdot\text{сут.}$ (табл. 3). Из населенных пунктов, указанных в нижней части табл. 3, достоверные сведения о постоянно проживающем населении обнаружены только для двух: Верхоянск и Саскылах.

Населенные пункты с экстремальными значениями продолжительности отопительного периода, средней температуры наружного воздуха за отопительный период, температуры воздуха наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92), принимаемой в качестве расчетной при проектировании отопления зданий, указаны в табл. 4–6. Можно видеть, что за небольшим исключением данные табл. 4–6 коррелируют с данными, представленными в табл. 3.

Кроме того, расчетные значения градусо-суток отопительного периода для всей территории страны характеризуются значительным разбросом.

Градусо-сутки отопительного периода

Среднее арифметическое значение ГСОП, рассчитанное по формуле (3), составило **7158 $^\circ\text{C}\cdot\text{сут.}$** Однако рассчитанное таким образом значение ГСОП нельзя считать объективным по отношению ко всей территории России. Например, все 15 городов-миллионников расположены в районах с ГСОП от 3337 (Ростов-на-Дону) до 6454 (Красноярск) $^\circ\text{C}\cdot\text{сут.}$

Анализируя, как распределяются населенные пункты, указанные в табл. 3.1*, в зависимости от диапазона ГСОП (рис.), можно видеть, что большинство из них (98) расположены в диапазоне ГСОП от 6000 до 7000 $^\circ\text{C}\cdot\text{сут.}$ Однако такое распределение нельзя признать показательным, поскольку

в районах с указанным диапазоном ГСОП проживают только 17,6% граждан из числа всех, которые зарегистрированы в населенных пунктах, охваченных СП 131.13330. Например, в указанный диапазон ГСОП попадают только 3 города с населением более 1 млн чел. – Омск, Красноярск и Новосибирск.

Более интересно распределение не количества населенных пунктов в зависимости от ГСОП (диапазона ГСОП), а процентное соотношение проживающих в них граждан (рис.), если принять общую для указанных в табл. 3.1* населенных пунктов численность населения за 100%. Из рис. 3 видно, что основная доля населения страны сосредоточена в районах с ГСОП 4000–5000 °С•сут. с последующим резким уменьшением процентной доли населения. По этой причине более точную оценку усредненного для всей территории страны ГСОП будет показывать не среднее арифметическое значение, а так называемое среднее взвешенное, рассчитанное с учетом численности населения, проживающего в искомых населенных пунктах (см. формулу (4)).

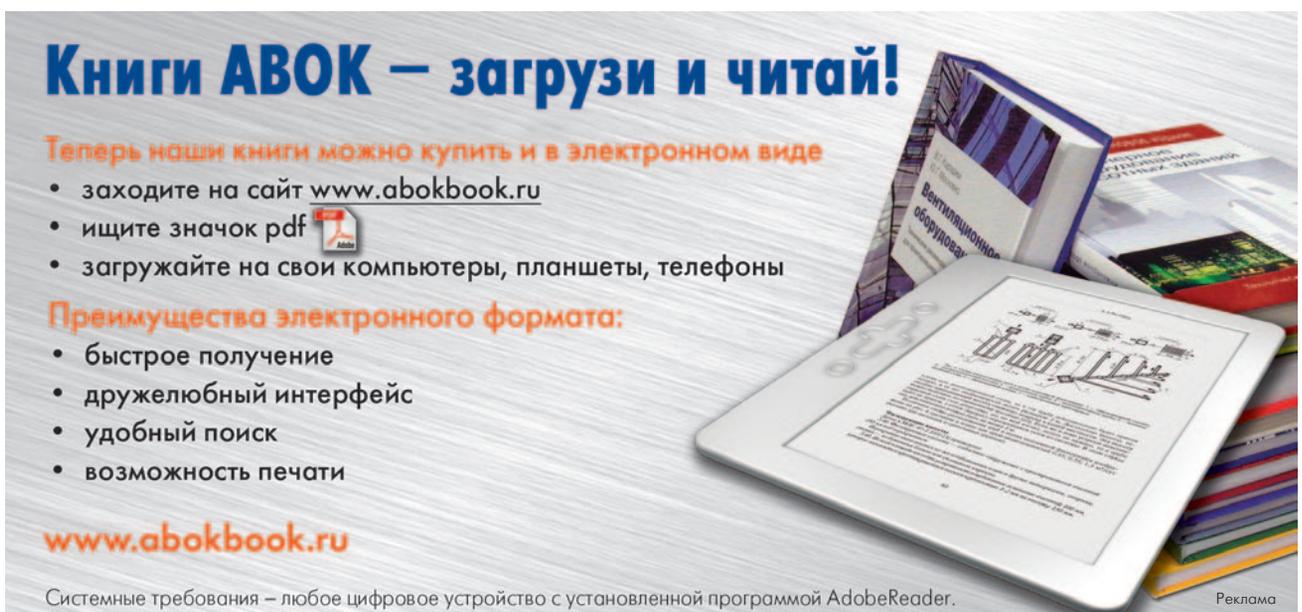
Полученное средневзвешенное значение ГСОП, которое составило 5106 °С•сут., также нельзя считать истинным для всей территории России, т. к. в СП 131.13330 приведены далеко не все населенные пункты страны.

Кроме того, общая численность населенных пунктов, представленных в табл. 3.1*, составляет по данным Росстата [8] 65,4 млн чел., т. е. примерно 45% общей численности населения страны. Однако оно все же более объективно, т. к. согласно требованиям СП 131.13330 (п. 2.1) в случае отсутствия в таблице значений климатических параметров для какого-либо населенного пункта их следует принимать равными значениям климатических параметров ближай-

шего к нему пункта, приведенного в таблице и расположенного в местности с аналогичными условиями. Это означает, что представленные в табл. 3.1* климатические параметры являются актуальными для всех или практически всех населенных пунктов, расположенных на территории России.

Литература

1. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М., Шилкин Н. В. Энергоэффективные здания. М., 2003.
2. Табунщиков Ю. А., Шилкин Н. В. Оценка экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия // АВОК. 2005. № 7.
3. Васильев Г. П. Эффективная теплозащита – дань моде или экономическая необходимость? // Энергосбережение. 2011. № 6.
4. Ливчак В. И., Забегин А. Д. Преодоление разрыва между политикой энергосбережения и реальной экономией энергоресурсов // Энергосбережение. 2011. № 4.
5. Горшков А. С. Об окупаемости инвестиций на утепление фасадов существующих зданий // Энергосбережение. 2014. № 4. С. 12–27.
6. Горшков А. С., Немова Д. В., Рымкевич П. П. Экономим или нет? Российские энергосберегающие требования // Энергосбережение. 2014. № 2.
7. Горшков А. С., Ливчак В. И. История, эволюция и развитие нормативных требований к ограждающим конструкциям // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 3 (30).
8. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2016 года (www.gks.ru). ■



Книги АВОК – загрузи и читай!

Теперь наши книги можно купить и в электронном виде

- заходите на сайт www.abokbook.ru
- ищите значок pdf 
- загружайте на свои компьютеры, планшеты, телефоны

Преимущества электронного формата:

- быстрое получение
- дружелюбный интерфейс
- удобный поиск
- возможность печати

www.abokbook.ru

Системные требования – любое цифровое устройство с установленной программой AdobeReader.

Реклама