

Правила соблюдения требований энергетической эффективности высотных зданий и комплексов

В. И. Ливчак, канд. техн. наук, член бюро президиума НП «АВОК», otvet@abok.ru

Ключевые слова: энергетическая эффективность, удельный годовой расход тепловой энергии, градусо-сутки отопительного периода, воздухообмен

В настоящее время обсуждается первая редакция проекта свода правил «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования», текст которой приведен на сайте www.ingil.ru. К своему удивлению обнаружил отсутствие раздела, посвященного энергетической эффективности таких зданий вопреки тому, что руководство России провозглашает в качестве приоритетной задачи повышение энергетической эффективности валового национального продукта в том числе строящихся и эксплуатируемых зданий.

Об обязательности включения в проекты высотных зданий их соответствия требованиям энергетической эффективности

Обязательность выполнения в проектах зданий расчетов их удельного годового энергопотребления продекларирована постановлением Правительства Российской Федерации № 235 от 13.04.2010 «О внесении изменений в положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию, утвержденное ППРФ № 87». Указанное Положение дополнено пунктом 27 (1). Раздел 10 (1) «Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащенности зданий приборами учета используемых энергетических ресурсов». С этого момента эти мероприятия при разработке проекта здания становятся такими же обязательными, как мероприятия по охране окружающей среды или мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Расчеты удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, по которому судят об энергоэффективности этого здания, выполнялись тогда по СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий». Однако в пришедшем ему на смену СП 50.13330.2012 с 1 июля 2015 г., согласно Постановлению Правительства России от 26 декабря 2014 № 1521 «Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил)», в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», **исключен, как обязательный, раздел 10 «Требования к расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий», как противоречащий ГОСТ 31427–2010 «Состав показателей энергоэффективности» и изобилующий ошибками.**

Поэтому в проект свода правил «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования» должны быть включены не только требования энергетической эффективности таких зданий, но и мероприятия по обеспечению соблюдения этих требований и методика определения расходов тепловой энергии на отопление и вентиляцию, горячее водоснабжение, а также холода на кондиционирование воздуха и электрической энергии на общедомовые нужды, **поскольку ни в каком другом действующем СП таких материалов нет.**

В своих предложениях мы опираемся на опубликованный в декабре 2014 г. Национальным объединением проектировщиков (НОП, теперь – НОПРИЗ) стандарт «Требования к содержанию и расчету показателей энергетического паспорта проекта жилого и общественного здания», СТО НОП 2.1–2014, разработанный НП «АВОК». В стандарте приводятся не только полный состав и содержание энергетического паспорта, но и методики расчета всех составляющих теплового баланса здания, таблицы базового

суммарного удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию за нормализованный отопительный период и годового – на горячее водоснабжение, а также электрической энергии на общедомовые нужды, по сравнению с которыми теперь оценивается энергоэффективность здания.

Поскольку к моменту утверждения этого документа приказ об установлении базовых требований энергетической эффективности зданий во исполнение Постановления Правительства РФ №18 от 25.01.2011¹ так и не появился, а прошло более трех лет, был принят за базовый уровень для сравнения 2007 год, приведенный в качестве базового в указе Президента России № 899 от 04.06.2008².

¹ Постановление Правительства Российской Федерации от 25 января 2011 г. № 18 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов».

² Указ Президента России № 899 от 04.06.2008 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики».

Установление базовых и требуемых с 2016 г. удельных годовых расходов тепловой энергии на отопление и вентиляцию высотных зданий

Определим базовые удельные годовые расходы тепловой энергии на отопление и вентиляцию высотных зданий для московских климатических условий. Согласно данным СП 131.13330.2011 «Строительная климатология» и принятом в соответствии с СП 124.13330.2012 «Тепловые сети» началом/окончанием отопительного периода при температуре наружного воздуха +8 °С длительность отопительного периода в г. Москве составляет 205 суток, а средняя температура наружного воздуха за этот период – –2,2 °С. В соответствии с СП 60.13330.2012 расчетная температура внутреннего воздуха в жилых комнатах квартир (апартаментов, отелей) и офисных помещениях принимается равной +20 °С, а в помещениях сервисного обслуживания стилобата – +18 °С.

Таким образом, градусо-сутки отопительного периода для жилой и офисной части высотного здания будут: ГСОП = (20+2,2)·205 = 4 551 °С·сут. Такое значение следует принимать для всех зон здания, независимо от того что с увеличением высоты здания расчетная наружная температура снижается по одному градусу через каждые 100–150 м, потому что, как показывают расчеты в [1], для офисных помещений, как и для жилых с принудительным подогревом приточного наружного воздуха, начало/окончание отопительного периода смещается в область более низких температур.

Согласно [2], базовые удельные годовые расходы тепловой энергии на отопление и вентиляцию, отнесенные к градусо-суткам нормативного отопительного периода для каждого региона строительства, должны пересчитываться с учетом регионального коэффициента пересчета по следующей формуле:

$$q_{от+вент. год. баз} = \theta_{эн/эф. баз} \cdot ГСОП \cdot k_{рег} \cdot 10^{-3},$$

где $q_{от+вент. год. баз}$ – региональный базовый удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию, кВт·ч/м²;

$\theta_{эн/эф. баз}$ – базовый удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию, отнесенный к градусо-суткам отопительного периода, Вт·ч/(м²·°С·сут), – то же, что q_h^{req} из табл. 8, 9 СНиП 23-02–2003, пересчитанный из кДж в Вт·ч;

ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, определяемые по формуле (5.2) СП 50.13330.2012;

$k_{рег}$ – региональный коэффициент пересчета удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию при задании показателя базового потребления тепловой энергии в размерности Вт·ч/(м²·°С·сут) следует принимать в зависимости от величины градусо-суток отопительного периода региона строительства для зданий: с

ГСОП = 3 000 °С·сут и ниже $k_{рег.} = 1,1$; с ГСОП = 4 900 °С·сут и выше $k_{рег.} = 0,91$; с ГСОП = 4 000 °С·сут $k_{рег.} = 1,0$; в интервале ГСОП 3 000–4 900 °С·сут – по линейной интерполяции.

Базовый удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию для жилой части здания, строящегося в Москве, принимается по позиции 1, и колонке более 12 этажей (см. табл. 9) СНиП 23-02–2003, и с учетом изложенного выше и пересчета из кДж в Вт·ч составит:

$$q_{от+вент.жил.}^{год.баз} = 70 \cdot 4\,551 \cdot 0,955 / 3600 = 84,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2 \text{ площади квартир.}$$

Нормируемый с 2016 г. расход тепловой энергии на те же цели будет $84,5 \cdot (1 - 0,3) = 59 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. То же для офисной части здания, с учетом того, что в СНиП 23-02–2003 удельный расход тепловой энергии относится к отапливаемому объему помещений полезной площади, в которых высота этажа составляет, как правило, 3,5 м (см. табл. 9, позиция 6):

$$q_{от+вент.оф.}^{год.баз} = 20 \cdot 3,5 \cdot 4551 \cdot 0,955 / 3600 = 84,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2 \text{ полезной площади помещений офиса.}$$

Для торгово-рекреационных помещений в стилобатной части здания ГСОП = $(18+2,2) \cdot 205 = 4141 \text{ °С}\cdot\text{сут.}$, а базовый удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию при высоте этажа, например, 4 м и расположении на трех этажах (см. табл. 9, позиция 5, колонка 3-го этажа):

$q_{от+вент.стил.}^{год.баз} = 21 \cdot 4 \cdot 4141 \cdot 0,986 / 3600 = 95,3 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. Нормируемый с 2016 г. расход тепловой энергии на те же цели будет: $95,3 \cdot (1 - 0,3) = 66,7 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. Базовый расход в целом для высотного комплекса определяется пропорционально полезной площади стилобата и сумме площадей квартир и полезной площади офисных помещений.

Энергетическая эффективность высотного здания или комплекса на стадии разработки проектной документации характеризуется показателем тепловой энергоэффективности, численно равным удельному (на 1 м² отапливаемой площади пола квартир, апартаментов или полезной площади пола помещений общественного назначения) расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания или комплекса за отопительный период, методика расчета которого изложена в приложении к статье на сайте www.abok.ru.

Расчетный показатель должен быть меньше или равен нормируемому значению и определяться путем выбора теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания, объемно-планировочных решений, ориентации здания и эффективности метода авторегулирования используемой системы отопления и вентиляции, а также применением других энергосберегающих решений [3], в том числе утилизации теплоты вытяжного воздуха, применения тепловых насосов, возобновляемых источников энергии и др. Установление правильности выполненных расчетов и соответствия требованиям энергоэффективности запроектированного здания – ответственность экспертизы.

О норме воздухообмена на человека в жилых, офисных зданиях, школьном классе и игровой детсада

Следует отметить, что в высотных зданиях, а к ним относятся здания высотой более 75 м, как правило, проектируются не открываемые окна и витражи, а соответственно, минимальный расход наружного воздуха на одного человека в соответствии с табл. К. 1 Приложения К СП 60.13330.2012 должен увеличиться в офисах с 40 до 60 м³/ч, как для помещений без естественного проветривания. Такое же увеличение следует предусматривать и для жилых домов, апартаментов и отелей с 30 до 45 м³/ч на человека (повышение в 2 раза до 60 м³/ч, предложенное в СП 60, считаем неоправданно завышенным что подтверждается нижеприведенными расчетами).

Так, при нормативном воздухообмене на одного жителя 30 м³/ч и принятой норме заселенности 20 м² общей площади квартиры на человека удельный (на м² площади

квартиры) объем наружного воздуха для вентиляции составит: $30/20 = 1,5 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{м}^2)$, а расход тепловой энергии на нагрев такого количества воздуха будет:

$$q_{\text{вент.}}^{\text{год. баз}} = 0,28 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 4551 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 55 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2 \text{ в год.}$$

Соответственно, базовый удельный расход тепловой энергии на отопление как разность теплотерь через наружные ограждения и внутренних тепlopоступлений с понижающим коэффициентом на их неполное использование для условий г. Москвы будет:

$$q_{\text{от.}}^{\text{год. баз}} = q_{\text{от+вент.}}^{\text{год. баз}} - q_{\text{вент.}}^{\text{год. баз}} = 84,5 - 55 = 29,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2 \text{ в год.}$$

А с 2016г., учитывая, что расход тепловой энергии на нагрев наружного воздуха для вентиляции остается в том же объеме, но теплозащита наружных ограждений повысится, нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление значительно снизится и будет:

$$q_{\text{от.}}^{\text{год. 2016}} = 59 - 55 = 4 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2 \text{ в год.}$$

Тогда, при полуторном увеличении воздухообмена на человека требуемый расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания по отношению к базовому тепlopотреблению возрастет в $(29,5 + 55 \cdot 1,5)/84,5 = 1,33$ раза, а к нормируемому с 2016г.: $(4 + 55 \cdot 1,5)/59 = 1,47$ раза. При двойном увеличении воздухообмена на человека ($60 \text{ м}^3/\text{ч}$ вместо $30 \text{ м}^3/\text{ч}$) требуемый расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания по отношению к базовому тепlopотреблению возрастет в $(29,5 + 55 \cdot 2)/84,5 = 1,65$ раза, а к нормируемому с 2016г.: $(4 + 55 \cdot 2)/59 = 1,93$ раза.

Такое решение противоречит политике энергосбережения, и необходимость двукратного повышения нормы наружного воздуха на жителя не подтверждается гигиенистами и зарубежным опытом. Чтобы компенсировать полуторное увеличение воздухообмена и обеспечить требуемые параметры энергоэффективности зданий следует применять утилизацию теплоты вытяжного воздуха для нагрева наружного приточного.

В подтверждение сказанного обратимся к зарубежному опыту в нормировании воздухообмена на человека. В соответствии с табл. G. 12 Исходные данные для расчета годового энергопотребления зданий в ISO 13790:2008 «Энергетическая эффективность зданий. Расчет потребления тепловой энергии на отопление и охлаждение» приводятся рекомендуемые значения расхода наружного воздуха на одного человека в размере $28 \text{ м}^3/\text{ч}$ в многоквартирных домах и $14 \text{ м}^3/\text{ч}$ в офисах без указания на наличие или отсутствие естественного проветривания.

Кстати, в статьях проф. О. Фангера в Материалах участников международной конференции Cold Climate 2006 и О. Сеппонена в журнале «АВОК» (№ 5, 2000) приводится норма воздухообмена в офисах $10 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{чел})$, или $36 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{чел})$, и О. Сеппонен дает ссылку: «Для многих офисных помещений в США увеличена норма подачи наружного воздуха от 5 до 10 л/(с·чел), что приводит к увеличению энергозатрат системами ОВК (нагрев, охлаждение, перемещение воздуха) до 10%».

О. Фангер, анализируя эффект комбинированного применения перечисленных им методов повышения качества внутреннего воздуха (использование контроля источников загрязнений, очистка воздуха и индивидуальная вентиляция) для типичного офисного помещения с исходными величинами температуры $+23$ — $+24 \text{ }^\circ\text{C}$ и расходом воздуха $10 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{чел})$, считает, что мы можем снизить концентрацию загрязняющих веществ в $4 \times 5 \times 10 = 200$ раз, не увеличивая при этом расход воздуха. Снижением температуры (и влажности) мы можем увеличить ощущаемое качество воздуха еще в два раза, т.е. до уровня 400. При этом отмечает, что нам не нужно такое кардинальное повышение значения качества внутреннего воздуха, и делает вывод, что на практике нет необходимости в таком улучшении качества воздуха, а потому имеются дополнительные возможности для экономии энергии при снижении расхода вентиляционного воздуха.

Обратите внимание, в качестве максимального значения нормы воздухообмена на человека в обоих случаях принимается величина не более $36 \text{ м}^3/\text{ч}$. На базе более поздних исследований, выполненных в REHVA (Brelh N. Требования к вентиляции и качеству

внутреннего воздуха в национальных нормативах стран Европы // – АВОК. – 2012. – №3), мы составили таблицу нормируемого воздухообмена в квартирах, офисе, школьном классе и игровой детсада основных стран Европы, включая скандинавские страны, и добавили значения по России исходя из положений в примечаниях.

Таблица нормируемого воздухообмена в квартирах, офисе, школьном классе и игровой детсада стран Европы и России

Страна	квартира на 2 человека, S = 50 м ² , h = 2,5 м		квартира на 4 человека, S = 90 м ² , h = 2,5 м		офис S = 12 м ² /чел	школьный класс, 2 м ² /чел	игровая детсада, 2 м ² /чел
	кратность, ч ⁻¹	объем, м ³ /(ч·чел)	кратность, ч ⁻¹	объем, м ³ /(ч·чел)	объем, м ³ /(ч·чел)	объем, м ³ /(ч·чел)	объем, м ³ /(ч·чел)
Германия	0,6	37	0,51	29	90	35	42
Великобритания	0,43	27	0,43	24	36	36	36
Финляндия	0,66	41	0,50	28	65	43	40
Норвегия	0,48	30	0,48	27	50	31	25
Франция	0,48	30	0,4	22	25	15	15
Польша	0,64	40	0,44	25	20	20	20
Россия	0,6	37-30	0,35	30	40	20	15

Примечания.

1. Жилье для параметров квартир, принятых в таблице. При заселенности 20 м²/чел и объеме 20·2,5 (h) = 50 м³/чел максимальная кратность воздухообмена будет 30/50 = 0,6 ч⁻¹, минимальная – 0,35 ч⁻¹. Тогда объем воздуха для 1-ой квартиры будет: 0,6·50·2,5/2 = 37,5 м³/(ч·чел.), но норма остается 30 м³/(ч·чел.). Для 2-ой квартиры: поскольку 0,35·90·2,5/4 = 19,7 м³/(ч·чел.) – меньше, чем 30 м³/(ч·чел.), принимаем норму в 30 м³/(ч·чел.) в соответствии с табл. К. 1 Приложения К СП 60.13330.2012.

2. Для офисов принимаем по той же табл. К. 1 – 40 м³/(ч·чел.).

3. Для классов общеобразовательных школ полагается 2,5 м²/чел (табл. 5.2. СП 118.13330.2012), воздухообмен – 2 объема в час, но не менее 20 м³/(ч·чел) (табл. 7.1, 7.2).

4. Для игровых детсада – 2,0 м²/чел (табл. 5.1), воздухообмен по притоку в климатических районах основного расселения в центре (ПВ), согласно Приложению 3 СанПиН 2.4.1.2660-10 по притоку, не нормируется, по вытяжке – 1,5 ч⁻¹; для районов Сибири и Дальнего Востока (ИВ), Севера, Кавказа и Прикаспия (А, Б и Г) по притоку – 2,5 ч⁻¹, по вытяжке – 1,5 ч⁻¹ (приток: 2,5·2·3 (h) = 15 м³/(ч·чел), и вытяжка: 1,5·2·3 = 9 м³/(ч·чел)).

Анализ таблицы показывает, что нет большого отличия норм России (без увеличения на отсутствие проветривания) от норм основных стран Европы: по жилью мы даже впереди (большой воздухообмен), классы и игровые – на минимальном уровне, офисы – на среднем уровне, за исключением офисов в странах Германии, Финляндии и Норвегии, которые резко отличаются от большинства стран Европы, близких к нормируемому уровню воздухообмена в России.

Выводы

1. Установлены базовый удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию для жилой и офисной частей высотного здания, строящегося в Москве в размере **84,5 кВт·ч/м²** площади квартир или полезной площади помещений офиса. Нормируемый с 2016 года расход тепловой энергии на те же цели будет 84,5·(1 – 0,3) = **59 кВт·ч/м²**. Для торгово-рекреационной стилобатной части здания, соответственно – 95,3 и 66,7 кВт·ч/м².

2. Рекомендовано заменить предлагаемое в табл. К.1 Приложения К СП 60.13330.2012 увеличение нормы воздухообмена на человека в жилых домах без естественного проветривания в 2 раза с 30 до 60 м³/ч, на такое же увеличение в 1,5 раза, как и для офисов (с 40 до 60 м³/ч), то есть вместо 60 м³/ч – 45 м³/ч. В зарубежных нормативных документах отсутствует норма на увеличение воздухообмена в помещениях без естественного проветривания, а минимальная норма воздухообмена на человека ограничивается, как правило, для жилых зданий 28 м³/ч, а для офисов 36 м³/ч.

3. Для обеспечения нормируемых значений удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию высотного здания следует применять утилизацию теплоты вытяжного воздуха для нагрева приточного.

Литература.

1. Ливчак В. И. Почему перегреваются офисные здания и что делать? // АВОК. – 2014. – №7.
2. Ливчак В. И. Базовый уровень потребления энергетических ресурсов при установлении требований энергетической эффективности зданий. Инженерные системы // АВОК-северо-запад. – 2014. – №1.
3. Табунщиков Ю. А., Шилкин Н. В., Миллер Ю. В. Методы и результаты оценки эффективности энергосберегающих решений // АВОК. – 2013. – № 7.

Приложение Ж (обязательное)

Расчет теплоэнергетических показателей на отопление и вентиляцию высотного здания за отопительный период

Ж.1 Расчетный расход тепловой энергии на отопление здания за отопительный период при непрерывном режиме отопления $Q_{от+вент.}^{год.расч}$, кВт·ч, определяют по формуле:

$$Q_{от.}^{год.расч} = [Q_{огр.}^{год} + Q_{инф.}^{год} - (Q_{быт}^{год} + Q_{инс}^{год}) \cdot v \cdot \zeta] \cdot (1 - \xi) \cdot \beta_{mn}, \quad (Ж.1)$$

где $Q_{огр.}^{год}$ – трансмиссионные теплотери через наружные ограждения за отопительный период, кВт·ч; принимают по Ж.2;

$Q_{инф.}^{год}$ – теплотери здания на нагрев инфильтрующегося наружного воздуха при выключенной приточной вентиляции за отопительный период, кВт·ч, принимают по Ж.3;

$Q_{быт}^{год}$ – бытовые (технологические) тепловыделения за отопительный период, кВт·ч; принимают по Ж.5;

$Q_{инс}^{год}$ – теплопоступления через светопрозрачные части окон, витражей, балконных дверей и фонарей от солнечной радиации за отопительный период, кВт·ч; принимают по Ж.6;

v – коэффициент, учитывающий снижение использования теплопоступлений в период превышения их над теплотерями; принимают:

- 0,8 – при ГСОП = 5 000 °С·сут;
- 0,9 – при ГСОП = 9 000 °С·сут;
- 0,7 – при ГСОП = 1 000 °С·сут.;
- для других значений ГСОП – интерполяцией;

ζ – коэффициент эффективности систем автоматического регулирования подачи теплоты на отопление; принимают:

– 1,00 – в однотрубной системе с термостатами и с пофасадным авторегулированием на вводе, в однотрубной или двухтрубной системе с поквартирной горизонтальной разводкой;

– 0,95 – в двухтрубной системе отопления с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе;

– 0,90 – в однотрубной системе с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе или в однотрубной системе без термостатов и с пофасадным авторегулированием на вводе, а также в двухтрубной системе отопления с термостатами и без авторегулирования на вводе;

– 0,85 – в однотрубной системе отопления с термостатами и без авторегулирования на вводе;

– 0,70 – в системе без термостатов и с центральным авторегулированием на вводе с

коррекцией по температуре внутреннего воздуха;

– 0,60 – то же без автокоррекции по температуре внутреннего воздуха;

– 0,50 – в системе без термостатов и без авторегулирования на вводе (регулирование центральное в ЦТП или котельной в зависимости от изменения наружной температуры);

ξ – коэффициент, учитывающий снижение теплопотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета потребленной тепловой энергии; из-за отсутствия статистических данных принимают $\xi = 0,1$ для центральных систем отопления с измерением теплоотдачи на отопительном приборе или на стояке; $\xi = 0,15$ для квартирных систем отопления с измерением теплосчетчиком в целом на квартиру; $\xi = 0$ для общественных зданий;

β_{mn} – коэффициент, учитывающий дополнительные теплопотери системы отопления, связанные с теплопотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения, дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными теплопотерями через радиаторные участки ограждений; в приточной вентиляции общественных зданий – учитывающий теплопотери воздухопроводов, проложенных в неотапливаемых помещениях; принимают:

– 1,13 – для многосекционных и других протяженных зданий с неотапливаемым чердаком и техническим подпольем;

– 1,11 – для зданий башенного типа также с неотапливаемым чердаком и техническим подпольем;

– 1,07 – для жилых зданий с отапливаемыми подвалами или отапливаемыми чердаками;

– 1,05 – для жилых зданий с отапливаемыми подвалами и чердаками, а также с квартирными генераторами теплоты.

Примечание. Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию (кондиционирование) в течение отопительного периода общественного здания при периодическом режиме эксплуатации следует определять по СП (ENISO 13790:2008).

Ж.2 Трансмиссионные теплопотери через наружные ограждения за отопительный период, $Q_{огр.}^{zod}$, кВт·ч, определяют по формуле:

$$Q_{огр.}^{zod} = 24 \cdot 10^{-3} \cdot K_{тр.}^{np} \cdot ГСОП \cdot A_{огр.сум}, \quad (Ж.2)$$

где $K_{тр.}^{np}$ – приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м²·°С); определяют в соответствии с СТО НОП 2.1–2014 «Требования к содержанию и расчету показателей энергетического паспорта проекта жилого и общественного здания» (М. 2014).

$ГСОП$ – градусо-сутки отопительного периода, °С·сут, принимать по разделу 10;

$A_{огр.сум}$ – суммарная площадь наружных ограждений оболочки здания, м².

Ж.3 Теплопотери здания за счет инфильтрации наружного воздуха за отопительный период $Q_{инф.}^{zod}$, кВт·ч, определяют по формуле:

$$Q_{инф.}^{zod} = 24 \cdot 10^{-3} \cdot K_{инф.}^{ysl} \cdot ГСОП \cdot A_{огр.сум}, \quad (Ж.3)$$

где $K_{инф.}^{ysl}$ – условный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплопотери на нагрев инфильтрующегося наружного воздуха, Вт/(м²·°С); определяют в соответствии с СТО НОП 2.1–2014;

$ГСОП$, $A_{огр.сум}$ – то же, что в формуле (Ж.2).

Ж.4 Бытовые (технологические) тепловыделения за отопительный период $Q_{быт.}^{zod}$, кВт·ч, определяют по формуле:

$$Q_{быт.}^{zod} = q_{быт} \cdot t \cdot z_{от.н} \cdot A \cdot 10^{-3}, \quad (Ж.4)$$

где $q_{быт}$ – удельная величина бытовых (технологических) тепловыделений за средний

час суток рабочего времени в отопительном периоде, отнесенная к м² жилой площади для жилых зданий или к м² полезной площади помещений для общественных зданий, Вт/м²; принимают по таблице Ж.1. Для многоквартирных домов рекомендуется принимать в зависимости от расчетной заселенности квартир – $A_{кв}/n$ (где $A_{кв}$ – площадь квартир, n – количество жителей в доме) по формуле: $q_{быт} = 17 - (A_{кв}/n - 20) \cdot 7/25$;

t – рабочее время использования помещения (средне-месячное), по таблице Ж.1;

$z_{от.п}$ – продолжительность отопительного периода, сут;

A – жилая площадь квартир, $A_{жс}$, м², или полезная площадь помещений общественного здания, $A_{пол}$, м².

Ж.5 Теплопоступления через светопрозрачные части окон, витражей, балконных дверей и фонарей от солнечной радиации в течение отопительного периода $Q_{инс}^{zод}$, кВт·ч, для четырех фасадов зданий, ориентированных по четырем направлениям (возможно и по восьми румбам), определяют по формуле:

$$Q_{инс}^{zод} = [\tau_{1ок} \tau_{2ок} (A_{ок1} I_1 + A_{ок2} I_2 + A_{ок3} I_3 + A_{ок4} I_4) + \tau_{1фон} \tau_{2фон} A_{фон} I_{zоп}], \quad (Ж.5)$$

где $\tau_{1ок}$, $\tau_{1фон}$ – коэффициенты затенения непрозрачными элементами соответственно окон и зенитных фонарей; принимают по данным производителя;

$\tau_{2ок}$, $\tau_{2фон}$ – коэффициенты относительного пропускания солнечной радиации для светопрозрачных заполнений соответственно окон и зенитных фонарей; принимают по данным производителя;

Примечание – Мансардные окна с углом наклона заполнений к горизонту 45° и более следует считать как вертикальные окна, с углом наклона менее 45° – как зенитные фонари.

$A_{ок.1}$, $A_{ок.2}$, $A_{ок.3}$, $A_{ок.4}$ – площадь световых проемов фасадов здания, соответственно ориентированных по разным направлениям, исключая площадь окон, витражей и прозрачной части балконных дверей лестнично-лифтовых узлов, м²;

I_1 , I_2 , I_3 , I_4 – средняя за отопительный период величина солнечной радиации на вертикальные поверхности при действительных условиях облачности, соответственно ориентированная по разным фасадам здания, кВт·ч/м²; принимают по СП 23-101;

$A_{фон}$ – площадь световых проемов зенитных фонарей здания, м²;

$I_{zоп}$ – средняя за отопительный период величина солнечной радиации на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности, кВт·ч/м²; принимают по СП 23-101.

Таблица Ж.1

Исходные данные для расчета годового потребления тепловой энергии для жилых и общественных зданий различного назначения

Наименование показателя	Здания													
	Одноквартирные	Многоквартирные, категория I	Многоквартирные, категория II	Офисные, категория I	Офисные, категория II	Учебно-воспитательные	Больницы, категория I	Больницы, категория II	Поликлиники	Предприятия обществ. питания	Торгово-бытовые	Спортивные сооружения	Досуговые	Склады
Внутренняя заданная температура (холодный период года), °С	20	20	20	20	20	20	21	21	21	20	20	18	20	18

Полезная площадь на человека (заселенность) $A_{пол}$, м ² /чел.	60	40	20	20	8	10	20	10	10	5	10	20	5	100
Средняя величина метаболических тепловыделений от человека Q_p , Вт/чел	70	70	70	80	80	70	80	80	80	100	90	100	80	100
Метаболические притоки на обслуживаемую площадь ¹⁾ $Q_p/A_{жп}$, Вт/ м ²	1,2	1,8	3,5	4,0	10	7,0	4,0	8,0	8,0	20	9	5	16	1,0
Время использования метаболического притока в день $t_{мет}$, ч	12	12	12	6	6	5	16	16	9	3	4	6	3	6
Рабочее время использования помещения в день (среднемесячное) t , ч	24	24	24	6	6	5	16	16	9	10	12	10	5	6
Удельное годовое потребление электрической энергии ²⁾ на общую площадь здания $q_{эл}$, кВт·ч/м ²	20	30	38	20	33,5	10	30	40	25	30	30	10	20	6
Доля потребления электроэнергии в кондиционируемой части здания, $f_э$	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,7	0,8	0,8	0,7	0,8	0,9	0,8	0,9
Удельные средне-часовые бытовые тепловыделения за рабочее время, в том числе: от людей, электрических приборов, освещения, горячего водоснабжения (для жилых), $q_{быт}$, Вт/ м ² ³⁾	10	11,4	17	13,4	23,8	13,1	8,5	14,0	14,0	13,1	9,8	6,1	20,6	4,1

¹⁾ Под обслуживаемой площадью понимают общую площадь квартир без летних помещений $A_{кв}$ – для жилых зданий; полезную площадь всех помещений, исключая лестничные клетки, технические этажи, пандусы и автостоянки, $A_{пол}$ – для общественных зданий. Общая площадь здания - сумма площадей всех его этажей.

²⁾ Включая освещение и пользование электрическими приборами и оборудованием (плита-ми), за исключением потребления электроэнергии для охлаждения и приводов насосов и вентиляторов отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, устройств автоматического регулирования этих систем, а также перемещения лифтов, эскалаторов и траволаторов.

³⁾ Для жилых зданий – на м² жилой площади, составляющей как правило 0,55 от общей площади квартир, для общественных зданий – на м² полезной площади помещений.

Ж.6 Расчетный расход тепловой энергии на приточную вентиляцию $Q_{вент. год.расч}$ кВт·ч, за отопительный период определяют по формуле:

$$Q_{вент. год.расч} = 0,28 \cdot L_{вент} \cdot \rho_v \cdot c_a \cdot (A/A_l) \cdot t \cdot ГСОП \cdot (1 - \eta_{ут}) \cdot \beta_{тп-вент.} \quad (Ж.6)$$

где $L_{вент}$ – норма расхода наружного приточного воздуха для вентиляции, м³/ч на одного человека. В жилых домах с возможностью естественного проветривания – 30 м³/ч, без проветривания – 40 м³/ч на человека; в административных зданиях с возможностью естественного проветривания – 40 м³/ч, без проветривания – 60 м³/ч на человека; в помещениях торгово-рекреационного назначения (в стилобатах), где посетители находятся менее 2 ч – 20 м³/ч на человека при 10 м² полезной площади на одного человека независимо от возможности проветривания;

ρ_v – плотность воздуха при расчетной температуре внутреннего воздуха, кг/м³; принимают по формуле: $\rho_v = 353 / (273 + t_v)$; (Ж.7)

c_a – удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·°С); принимают $c_a = 1,006$ кДж/(кг·°С);

A – общая площадь квартир, $A_{кв}$, м², или полезная площадь помещений общественного назначения, $A_{пол}$, м²;

A_l – общая площадь квартир или полезная площадь помещений, м², приходящаяся на одного человека;

t – рабочее время использования помещения в день (среднемесячное), ч;

ГСОП – то же, что в формуле (Ж.2);

$\eta_{ут}$ – коэффициент эффективности устройств утилизации теплоты удаляемого воздуха для нагрева приточного; назначает разработчик или принимают по таблице К.1;

$\beta_{тп-вент.}$ – коэффициент потерь теплоты в системе теплоснабжения калориферов, по

умолчанию принимают $\beta_{\text{тп-вент.}} = 1,05$.

Таблица Ж.2

Эффективность системы утилизации теплоты удаляемого воздуха для нагрева приточного

Тип утилизатора	Коэффициент $\eta_{\text{ут}}$
Роторный с аккумулярующей насадкой	0,80
Пластинчатый противоточный	0,80
Пластинчатый перекрестно-точный	0,60
С промежуточным теплоносителем	0,45

Ж.7 Расчетный годовой расход тепловой энергии на тепловые завесы $Q_{\text{т.з.}}^{\text{год.расч.}}$, кВт·ч, определяют по формуле (Ж.8), предполагая снижение температуры притока с повышением температуры наружного воздуха при постоянстве расхода теплоносителя:

$$Q_{\text{т.з.}}^{\text{год.расч.}} = Q_{\text{т.з.нр.}}^{\text{р}} \cdot t \cdot \text{ГСОП} / (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}^{\text{р}}), \quad (\text{Ж.8})$$

где $Q_{\text{т.з.}}^{\text{р.нр.}}$ – расчетный расход тепловой энергии на тепловую завесу, кВт, из проекта;

t – рабочее время использования помещения (средне-месячное), по таблице Ж.1;

$t_{\text{в}}$ – расчетная температура воздуха в помещениях стилобата (магазины, вестибюли, холлы) – 18 °С;

$t_{\text{н}}^{\text{р}}$ – расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления нижней части здания, принимать в соответствии с СП 60.13330.2012.

Ж.8 Расчетный удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию, отнесенный к градусо-суткам отопительного периода региона строительства, $\theta_{\text{от+вент.}}^{\text{год.расч.}}$, Вт·ч/(м²·°С·сут):

$$\theta_{\text{от+вент.}}^{\text{год.расч.}} = (Q_{\text{от.}}^{\text{год.расч.}} + Q_{\text{вент.}}^{\text{год.расч.}} + Q_{\text{т.з.}}^{\text{год.расч.}}) / A_{\text{огр.сум}} / \text{ГСОП} \quad (\text{Ж.9})$$

Ж.9 В общественных зданиях с периодическим режимом эксплуатации для повышения энергоэффективности следует использовать режим периодического отопления (охлаждения) и вентиляции таких зданий с выключением отопления после окончания рабочего дня, «натопом» перед началом работы, чтобы восстановить температуру воздуха в помещениях до нормируемых показателей, и умеренное отопление в течение рабочего дня с использованием естественного охлаждения (охлаждение без затрат энергии на производство холода, например, охлаждение наружным воздухом с температурой ниже температуры воздуха охлаждаемого помещения). При этом следует осуществлять контроль температуры воздуха в помещениях, чтобы при снижении ее ниже допустимой за длительный период отключения, происходило автоматическое включение отопления до достижения заданных значений температуры внутреннего воздуха.

Методика определения длительности отопительного и охлаждающего периодов и расчета величин годовых затрат теплоты/холода на отопление/охлаждение и вентиляцию (кондиционирование) приведены в СП (EN ISO 13790:2008) «Энергетическая эффективность зданий. Расчет потребления тепловой энергии для отопления, охлаждения, вентиляции и горячего водоснабжения».