МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОГО АУДИТА И ЭКСПЕРТИЗЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИЛЫХ, СОЦИАЛЬНЫХ И ОБЩЕСТВЕННО-ДЕЛОВЫХ ЗДАНИЙ В ГОРОДЕ МОСКВЕ

Директор ГУП «НИИМосстрой», д-р экон. наук _____ М.П.Буров

Руководитель Центра энергосбережения и эффективного использования энергии в строительном комплексе ГУП "НИИМосстрой", д-р техн. наук _____ Г.П. Васильев

Генеральный директор ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ» _____ Н.И. Майорова

Москва 2012

1. Настоящая Методика предназначена для выполнения комплексного аудита и экспертизы энергоэффективности проектов строительства и реконструкции жилых, социальных и общественно-деловых зданий в городе Москве.

2. Настоящая Методика РАЗРАБОТАНА Центром энергосбережения и эффективного использования энергии в строительном комплексе ГУП «НИИМосстрой» и ООО «АВТ-Консалтэнерго» с участием специалистов ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ», НП «АВОК» и ООО ПКБ «ПРОЕКТЭНЕРГО» под общей редакцией д-ра техн. наук Г.П. Васильева коллективом авторов в составе: канд. физ.-мат. наук Лысак Т.М., чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук Табунщикова Ю.А., канд. физ.-мат. наук Личмана В.А., д-р физ.-мат. наук Пескова Н.В., канд. техн. наук Ливчака В.И., инж. Горнова В.Ф., инж. Лескова В.А., инж Митрофановой Н.В.

3. Методика подгототовлена в соответствии с требованиями к энергоэффективности зданий, установленными Постановлением Правительства России от 25.01.2011 г. №18 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов» и государственной программой города Москвы «Градостроительная политика г. Москвы», утвержденной постановлением Правительства Москвы от 3 октября 2011 г. N 460-ПП.

4. Методика имеет своей целью оказание помощи заказчикам, экспертам и проектировщикам в проведении комплексного аудита и экспертизы энергоэффективности проектов строительства и реконструкции жилых, социальных и общественно-деловых зданий в городе Москве.

Настоящая методика предназначена и комплексного аудита и экспертизы энергетической эффективности и расчета показателей энергопотребления проектов строительства и реконструкции жилых, социальных и общественно-деловых зданий в городе Москве здания, связанных:

- с теплопотерями здания через наружные ограждающие конструкции;
- с теплопотерями здания за счет вентиляции и инфильтрации;
- теплопоступлениями в здание за счет бытовых тепловыделений;
- теплопоступлениями в здание от солнечной радиации;
- потребностью в тепловой энергии для нужд горячего водоснабжения;
- дополнительными источниками тепла;
- затратами вспомогательной энергии;
- рекуперацией и утилизацией вентиляционных выбросов и канализационных стоков;
- потребностью в электроэнергии на нужды:
    - общедомового освещения;
    - лифтового оборудования;
    - вспомогательного оборудования;
    - утилизации вентиляционных выбросов;
    - утилизации канализационных выбросов;
    - дополнительных источников тепла.

СОДЕРЖАНИЕ

I Термины и определения
II Символы и единицы измерения
1 Основные рассчитываемые энергетические характеристики здания
2 Климатические параметры
3 Показатели геометрические
3.1 Задаваемые величины
3.2 Рассчитываемые величины
4 Теплотехнические характеристики наружных ограждающих конструкций
4.1 Задаваемые параметры
4.2 Расчет теплотехнических характеристик для i-ого фрагмента теплозащитной оболочки здания
4.3 Расчет теплотехнических характеристик здания
5 Вентиляция/Инфильтрация
5.1 Параметры расчета
5.2 Разбивка на зоны
5.3 Разбивка на зоны. Расчет кратности воздухообмена
5.4 Теплопотери здания за счет вентиляционного воздухообмена с учетом инфильтрации
6 Бытовые тепловыделения
6.1 Параметры расчета для i-ой зоны
6.2 Расчет удельных бытовых тепловыделений для i-ой зоны
6.3 Расчет бытовых теплопоступлений в здание за отопительный период
7 Теплопоступления от солнечной радиации
7.1 Параметры расчета теплопоступлений в здание от солнечной радиации
7.2 Расчет теплопоступлений в здание от солнечной радиации
8 Теплопотребление ГВС без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла
8.1 Параметры расчета
8.2 Расчет теплопотребления ГВС для i-ой зоны
8.3 Расчет теплопотребления ГВС здания
8.4 Теплопоступления в здание от системы ГВС (возвратные тепловые потери от системы ГВС)
9 Расход тепловой энергии на отопление здания без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла
9.1 Параметры расчета
9.2 Расчет расхода тепловой энергии на отопление здания
10 Дополнительные источники тепла
10.1 Задаваемые параметры
10.2 Затраты на горячее водоснабжение
10.3 Затраты на отопление
11 Вспомогательная энергия
11.1 Задаваемые параметры
11.2 Вспомогательная энергия, необходимая для работы механического побуждения вытяжной вентиляции
11.3 Вспомогательная энергия, необходимая для работы циркуляционных насосов и прочих дополнительных устройств системы отопления
11.4 Вспомогательная энергия, необходимая для работы циркуляционных насосов и прочих дополнительных устройств системы ГВС
11.5 Вспомогательная энергия, необходимая для работы компонентов дополнительных источников тепла
11.6 Возвратная часть вспомогательной энергии
12 Рекуперация и утилизация

12.1 Рекуперация и утилизация вытяжного воздуха
12.2 Рекуперация и утилизация канализационных стоков ГВС
13 Расход тепловой энергии на ГВС с учетом рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла
13.1 Задаваемые параметры
13.2 Годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение с учетом рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла
13.3 Удельный годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение с учетом рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла
14 Расход тепловой энергии на отопление с учетом рекуперации, утилизации, возвратной части вспомогательной энергии и дополнительных источников тепла
14.1 Задаваемые параметры
14.2 Расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода с учетом рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла
14.3 Удельный расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода с учетом рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла
15 Потребляемая электрическая энергия
15.1 Электрическая энергия, необходимая для обеспечения работы лифтового оборудования
15.2 Электрическая энергия, необходимая для освещения помещений общего назначения
15.3Электрическая энергия, необходимая для работы вспомогательного оборудования
15.4 Электрическая энергия, необходимая для работы теплонасосных систем утилизации вытяжного воздуха
15.5 Электрическая энергия, необходимая для работы теплонасосных систем утилизации сточных вод
15.6 Электрическая энергия, необходимая для работы дополнительных источников тепла
15.7 Суммарные годовые затраты электрической энергии
Библиография

I Термины и определения

внутренняя температура

(internal temperature)
усредненная температура внутреннего воздуха в помещении

бытовое горячее водоснабжение

(domestic hot water heating)
подогрев воды для системы бытового горячего водоснабжения

затраты энергии на бытовое горячее водоснабжение

(energy need for domestic hot water)
затраты тепловой энергии на подогрев необходимого количества холодной сетевой воды до требуемой температуры горячей воды, без учета потерь тепловой энергии в тепловых сетях и системе горячего водоснабжения здания

затраты энергии на отопление (теплопотери)

(energy need for heating)
энергия, которую нужно доставлять, чтобы поддерживать требуемую температуру внутреннего воздуха на протяжении заданного периода времени (без учета тепловой эффективности и потерь энергии в инженерных системах здания)

Примечание - Затраты энергии на теплоснабжение могут включать дополнительные затраты энергии, связанные с неравномерным распределением температуры и не идеальностью систем температурного контроля

вспомогательная энергия

(auxiliary energy)
электрическая энергия, потребляемая инженерными системами здания при отоплении, охлаждении, вентиляции и/или горячем водоснабжении, обеспечивающая процесс генерации и распределения тепловой энергии в здании
Примечание - Вспомогательная энергия включает электрическую энергию, расходуемую на привод вентиляторов, насосов, электроники и т.д. Электрическая энергия, подаваемая в систему вентиляции для перемещения воздуха и возврата теплоты, считается не вспомогательной энергией, а энергией, потребляемой для вентиляции.

тепловой насос (ТН)

(heat pump)
устройство для переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии (с низкой температурой) к потребителю (теплоносителю) с более высокой температурой. Термодинамически тепловой насос представляет собой обращённую холодильную машину. Если в холодильной машине основной целью является производство холода путём отбора теплоты из какого-либо объёма испарителем, а конденсатор осуществляет сброс теплоты в окружающую среду, то в тепловом насосе картина обратная. Конденсатор является теплообменным аппаратом, выделяющим теплоту для потребителя, а испаритель - теплообменным аппаратом, утилизирующим низкопотенциальную теплоту: вторичные энергетические ресурсы и (или) нетрадиционные возобновляемые источники энергии

коэффициент полезного действия (КПД)

-coefficient of performance (COP))
отношение вырабатываемой теплонасосной установкой полезной энергии к энергии, затрачиваемой на ее привод
Более правильно оценивать эффективность теплонасосных систем величиной безразмерного коэффициента трансформации (преобразования) энергии численно равного отношению полезной тепловой энергии, вырабатываемой теплонасосной системой к энергии, затрачиваемой на ее привод.

рекуперация

(heat recovery)
возвращение части энергии, расходуемой на теплохладоснабжение для повторного использования в том же процессе.

регенерация энергии

использование остаточной энергии после завершения конкретного процесса в том же самом, или другом процессе

сезон отопления

(heating season)
период года, в течение которого требуется энергия для отопления

рекуперированные тепловые потери системы

(recoverable system thermal loss)
часть тепловых потерь системы, которая может быть возвращена, чтобы снизить нагрузку на систему отопления, или охлаждения

II Символы и единицы измерения

В настоящей Методике применяются следующие символы и единицы измерений

Таблица 1 - Символы и единицы измерения

Символ	Название	Единицы измерения
Энергетические характеристики		
Q	Тепловая энергия	кВт·ч
E	Электрическая энергия	кВт·ч
W	Вспомогательная энергия	кВт·ч
q	Удельная тепловая энергия	кВт·ч /м^2
Коэффициенты		
ς	Коэффициент эффективности авторегулирования отопления	-
ξ	Коэффициент, учитывающий снижение теплопотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление	-
ν	Коэффициент учитывающий снижение использования теплопоступлений в период превышения их над	-

	теплопотерями	
β_h	Коэффициент учета дополнительных теплопотерь системы отопления	-
f	Доля энергии	–
k	Коэффициент	-
Климатические параметры		
t	Температура	°С
D_d	Градусо-сутки отопительного периода	Градусо-сутки
z_{ht}	Продолжительность отопительного периода	сутки
n_t	Коэффициент, учитывающий отличие внутренней и\или наружной температуры фрагмента от расчетных температур	-
Геометрические параметры		
A	Площадь помещений здания	$м^2$
A_e^{sum}	Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания	$м^2$
V	Объем	$м^3$
k_e^{des}	Показатель компактности здания	-
Теплотехнические характеристики наружных ограждающих конструкций		
R	Термическое сопротивление	$м^2 \cdot {}^oС/Вт$
R_a	Сопротивление воздухопроницанию	$м^2 \cdot °С/Вт$
R_r	Условное сопротивление теплопередаче	$м^2 \cdot {}^oС/Вт$
R_w^r	Приведенное сопротивление теплопередаче	$м^2 \cdot {}^oС/Вт$
K_m^{tr}	Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания	$Вт/(м^2 \cdot {}^oС)$
Ψ	Удельные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность фрагмента теплозащитной оболочки здания	$Вт/(м \cdot {}^oС)$
K	Удельные потери теплоты через точечную теплотехническую неоднородность фрагмента теплозащитной оболочки здания	$Вт/{}^oС$
α	Коэффициент теплоотдачи поверхности ограждающей конструкции	-
S	Площадь фрагментов теплозащитной оболочки здания	$м^2$
L	Длина линейной теплотехнической неоднородности фрагмента теплозащитной оболочки здания	м
δ	Толщина слоя теплозащитной оболочки	м
λ	Теплопроводность материала слоя теплозащитной оболочки	$Вт/(м^2 \cdot {}^oС)$
r	Коэффициент теплотехнической неоднородности	-
Вентиляция/инфильтрация		
n_a	Кратность воздухообмена	-
K_m^{inf}	Коэффициент инфильтрации	$Вт/(м^2 \cdot {}^oС)$
G_{inf}	Количество инфильтрующегося воздуха	кг/ч
L_v	Количество приточного воздуха в здание при неорганизованном притоке, либо нормируемое значение при механической вентиляции	$м^3/ч$
R_a	Сопротивление воздухопроницанию	$м^2 \cdot °С/Вт$
β_v	Коэффициент снижения объема воздуха в здании,	-

	учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций	
ρ	Плотность	кг/м^3
v	Скорость ветра	м/с
p	Давление	Па
c	Удельная теплоемкость	Дж/(кг· К)
γ	Удельный вес воздуха	Н/м^3
m_k	Число жителей	-
n_v	Число часов работы механической вентиляции в течение недели	-
n_{inf}	Число часов учета инфильтрации в течение недели	-
k_f	Коэффициент учета влияния встречного теплового потока в светопрозрачных конструкциях	-
Бытовые тепловыделения		
P_{lum}	Удельные теплопоступления от освещения	Вт/м^2
P_{eq}	удельные теплопоступления от технологического оборудования	Вт/м^2
S_{norm}	Нормативная площадь, приходящяяся на одного сотрудника	м^2/чел
Теплопоступления от солнечной радиации		
τ_F	Коэффициент, учитывающий затенение непрозрачными элементами заполнения светопрозрачной конструкции	-
k_F	Коэффициент относительного проникания солнечной радиации для светопрозрачной конструкции	-
I_F	Средняя за отопительный период величина солнечной радиации при действительных условиях облачности	кВт·ч/м^2
Теплопотребление ГВС		
t_c	Температура холодной воды	°С
t_{cs}	Температура холодной воды в летний период	°С
y_h	Продолжительность периода ГВС	сутки
k_h	Коэффициент часовой неравномерности водопотребления	-
k_{hl}	Коэффициент, учитывающий потери теплоты трубопроводами системы	-
α	Коэффициент снижения уровня водозабора в жилых зданиях в летний период	-
Вспомогательная энергия, тепловые насосы, циркуляционные насосы		
P	Мощность	кВт
t	Время рабаты	ч
COP	Коэффициент функционирования теплового насоса (коэффициент полезного действия)	-

Таблица 2 - Индексы и префиксы

int	internal, внутренний	*ext*	external, внешний	*h*	space heating, отопление помещений
hw	hot water, горячая вода	*ht*	среднее за отопительный период	*tr*	transmission, трансмиссионый
inf	Infiltration, инфильтрация	*vent*	Ventilation, вентиляция	*fas*	фасад
lum	Illumination, освещение	*sol*	Solar, солнечный	lift	Lift, лифт
eq	Equipment, оборудование	ed	двери, ворота здания	*c*	Покрытие, техподполье
f	Перекрытия над подпольями и подвалами(1), над проездами и под эркерами (2), стены в земле и пол по грунту (3).	*cl*	Перекрытие чердака	*p*	point, точечный, при расчете трансмиссионных потерь
l	linear, линейный	des	at design conditions, в расчетном режиме	norm	normative, нормативный
sum	суммарный	max	maximum, максимум	*tot*	total, всего
y	year, годовой	eff	effective, эффективный	aux	auxiliary, вспомогательная (энергия)
gen	generation subsystem, подсистема генерации	rbl	recoverable, регенерированное (тепло)	rec	Recuperator, рекуператор
ut	Utilization, утилизация	pm	Pump, насос	cpm	Circulation pump, циркуляционный насос
hp	Heat pump, тепловой насос	sngl	single, единичная (операция)	combi	combined operation, комбинированная работа
ls	loss, потери	*stb*	stand-by, в состоянии резерва	*st*	stored, запасенный
W	water, горячая вода	H	Heating, отопление	*j*	Индекс, относящийся к номеру фрагмента теплозащитной оболочки
i	Индекс, относящийся к номеру зоны или типа фрагмента теплозащитной оболочки	*s*	Индекс, относящийся к номеру слоя фрагмента теплозащитной оболочки	*k*	Индекс, относящийся к номеру устройства

1 Основные рассчитываемые энергетические характеристики здания

Основными рассчитываемыми величинами являются:

- расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода с учетом и без учета рекуперации, утилизации, возвратной части вспомогательной энергии и дополнительных источников тепла $Q^{y}_{h,tot}$, кВт·ч;
- удельный расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода с учетом и без учета рекуперации, утилизации, возвратной части вспомогательной энергии и дополнительных источников тепла $q^{des}_{h,tot}$, кВт·ч /м^2;
- теплопотери здания за отопительный период через наружные ограждающие конструкции Q^{y}_{tr}, КВт*ч;
- приведенное сопротивление теплопередаче здания R^{r}_{w}, м^{2}·^{o}С/Вт;
- приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания K^{tr}_{m}, Вт/(м^{2}·^{o}С);
- приведенное сопротивление теплопередаче каждого из фрагментов теплозащитной оболочки здания $R^{r}_{w,i}$, м^{2}·^{o}С/Вт;
- теплопотери здания за отопительный период за счет вентиляционного воздухообмена с учетом инфильтрации, Q^{y}_{inf}, кВт·ч;
- кратность воздухообмена n_a;
- коэффициент инфильтрации, K^{inf}_{m}, Вт / м^{2}·°С;
- удельные бытовые тепловыделения в здании в течении отопительного периода q_{int}, Вт/ м^2;
- бытовые теплопоступления в здание за отопительный период Q^{y}_{int}, кВт·ч;
- теплопоступления в здание за отопительный период от солнечной радиации Q_{sol}, кВт·ч;
- мощность систем инженерного оборудования, требуемая на горячее водоснабжение, $Q^{\max}_{hw}$, кВт;
- среднечасовой за отопительный период расход тепловой энергии на горячее водоснабжение Q_{hw}, кВт;
- годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение с учетом и без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла $Q^{y}_{hw,tot}$, кВт·ч;
- годовой удельный расход тепловой энергии на горячее водоснабжение с учетом и без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла $q^{y}_{hw,tot}$, кВт·ч/м^2;
- годовое количество вспомогательной энергии, необходимой для работы:
    - механического побуждения вытяжной вентиляции, $W^{y}_{vent,gen,aux}$, кВт·ч;
    - циркуляционных насосов и прочих дополнительных устройств системы отопления, $W^{y}_{h,cpm,gen,aux}$, кВт·ч;
    - циркуляционных насосов и прочих дополнительных устройств системы ГВС, $W^{y}_{hw,cpm,gen,aux}$, кВт·ч;

- вспомогательныхкомпонентов дополнительных источников тепла, $W^{y}_{pm,gen,aux}$, кВт·ч.

- покрываемые за счет дополнительных источников тепла тепловые затраты в течение года:
  - на горячее водоснабжение, $Q^{y}_{hw,gen,pm}$, кВт·ч;
  - на отопление $Q^{y}_{h,gen,pm}$, кВт·ч.
- годовой расход электрической энергии на:
  - работу лифтового оборудования, E^{y}_{lift}, кВт·ч;
  - освещения помещений общего назначения, E^{y}_{lum}, кВт·ч;
  - работу вспомогательного оборудования $E^{y}_{gen,aux}$, кВт·ч;
  - работу теплонасосных систем утилизации вытяжного воздуха в здании, $E^{y}_{vent,ut}$, кВт·ч;
  - работу теплонасосных систем утилизации сточных вод в здании, $E^{y}_{hw,ut}$, кВт·ч;
  - покрытия установленных тепловых затрат на отопление и горячее водоснабжение в случае использования теплонасосных систем с электрическим приводом $E_{hp,in}$, кВт·ч.
- суммарные годовые затраты электрической энергии E^{y}_{tot}, кВт·ч.

Для расчета основных энергетических характеристик здания необходимо задание значений:

- климатических параметров;
- геометрических параметров;
- расчетных параметров для определения трансмиссионных потерь;
- расчетных параметров для определения теплопотерь за счет вентиляционного теплообмена с учетом инфильтрации;
- расчетных параметров для определения бытовых теплопоступлений;
- расчетных параметров для определения теплопоступлений от солнечной радиации;
- расчетных параметров для определения энергетических потребностей для горячего водоснабжения (ГВС);
- расчетных параметров дополнительных источников тепла;
- расчетных параметров вспомогательной энергии;
- расчетных параметров рекуперации и утилизации вытяжного воздуха и сточных вод;
- расчетных параметров для определения потребности в электрической энергии.

Расчет тепловых потерь за счет вентиляции/инфильтрации, бытовых теплопоступлений и теплопотребления ГВС может потребовать предварительной разбивки здания на зоны. В общем случае разбивка на зоны может быть различной для каждого из перечисленных видов расчетов.

Расчет основных энергетических характеристик вентиляции и инфильтрации проводится для расчетных и среднезимних условий. Расчетные условия соответствуют расчету при расчетной

температуре наружного воздуха для проектирования теплозащиты, среднезимние условия – расчету при средней температуре наружного воздуха за отопительный период.

2 Климатические параметры

Соответствует разделу 2 Энергетического паспорта

Задаются значения следующих параметров:

t_{ext} - расчетная температура наружного воздуха для проектирования теплозащиты, °С;

$t_{ext}^{\ h}$ - расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, °С;

t_{ht} - средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С;

z_{ht} - продолжительность отопительного периода, сут;

t_{int} - расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты, °С;

$t_{\text{int}}^{\ h}$ - расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования отопления, °С;

t_{cl} - расчетная температура чердака, °С;

t_c - расчетная температура техподполья, °С;

По заданным параметрам рассчитываются

D_d - градусо-сутки отопительного периода, °С·сут, по формуле

$$D_d = (t_{\text{int}} - t_{ht}) z_{ht} \qquad (2.1)$$

Выбор значений данных параметров для Москвы и Московской области осуществляется в соответствии с таблицами 1.1-1.3 (Приложение Г, таблицы Г.3, Г.4, Г.5 [3]), для остальных регионов в соответствии со СНиП 23-01-99 [2] . В случае, когда здание разбивают на зоны таким образом, что значения климатических параметров для различных зон не совпадают, в качестве основных выбирают значения климатических параметров для помещений, преобладающих в здании.

Таблица 1.1 - Продолжительность отопительного периода и средняя температура наружного воздуха для зданий высотой до 75 м включительно

Тип здания	Продолжительность отопительного периода z_{ht}, сут	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период t_{ht}, °С
Жилые, гостиницы, общежития, общеобразовательные учреждения, общественные, кроме перечисленных в строке 2 таблицы, административные (офисы), сервисного обслуживания, культурно-досуговой деятельности	214	-3,1
Поликлиники, лечебные учреждения, дошкольныеучреждения, плавательные бассейны	231	-2.2

Таблица 1.2 - Продолжительность отопительного периода и средняя температура наружного воздуха для зданий выше 75 м

Высота здания, м	Период со средней суточной температурой воздуха	Продолжительность отопительного периода z_{ht}, сут	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период t_{ht}, °С
От 76 до 150	8°С 10°С	223 239	-3,4 -2,5
Свыше 150 м	8°С 10°С	227 244	-3,8 -2,9

Таблица 1.3 - Температура внутреннего воздуха помещений, принимаемая при теплотехнических расчетах ограждающих конструкций

Тип здания	Температура внутреннего воздуха t_{int}, °С
Помещения жилых зданий, гостиниц, общежитий, общественных, кроме перечисленных в строке 2 таблицы, классы в школах, кухни	20
Помещения поликлиник, лечебных учреждений, домов-интернатов	21
Помещения групповых дошкольныхучреждений, хосписов	22
Помещения сервисного обслуживания и культурно-досуговой деятельности, офисы	20,18,16,15,12
Отапливаемые лестничные клетки жилых зданий	16
Ванные комнаты, душевые и плавательные бассейны: для взрослых для детей	 27 30
Отапливаемые автостоянки: надземные подземные	 5 10

3 Показатели геометрические

Соответствует разделу 3 Энергетического паспорта.

3.1 Задаваемые величины

3.1.1 Общие геометрические показатели

$A_h^{\ 1}$ - площадь квартир, м^2;

$A_h^{\ 2}$ - полезная площадь (общественных зданий), м^2;

A_r - площадь жилых помещений, м^2;

A_l - расчетная площадь (общественных зданий), м^2;

V_h - отапливаемый объем, м^3;

A_{fas} - общая площадь фасада здания, м^2;

3.1.2 Детализированные геометрические показатели

Для каждого вида ограждающей конструкции (стены, окна и т.д.) производится выделение основных типов ограждающих конструкций данного вида в зависимости от значений их теплозащитных характеристик. Соответственно, для каждого из выделенных типов задаются их геометрические характеристики:

$A_{w,i}$ - площадь стен i - ого типа, м^2 , i = 1,2,…;

$A_{F,j,i}$ - площадь светопрозрачных конструкций i - ого типа, м^2, j = 1,2,3,4, в том числе:

$A_{F,1,i}$ - окон и балконных дверей i - ого типа, м^2, i = 1,2,…;

$A_{F,2,i}$ - витражей i - ого типа, м^2 , i = 1,2,…;

$A_{F,3,i}$ - фонарей i - ого типа, м^2, i = 1,2,…;

$A_{F,4,i}$ - окон лестнично-лифтовых узлов i - ого типа, м^2, i = 1,2,…;

$A_{ed,j,i}$ - площадь дверей или ворот i - ого типа, м^2 , j = 1,2, в том числе

$A_{ed,1,i}$ - балконных дверей наружный переходов i - ого типа, м^2, i = 1,2,…;

$A_{ed,2,i}$ - входных дверей и ворот i - ого типа, м^2, i = 1,2,…;

$A_{c,i}$ - площадь покрытий i - ого типа, м^2 , i = 1,2,…;

$A_{cl,j,i}$ - площадь чердачных перекрытий i - ого типа, м^2 j = 1,2, в том числе:

$A_{cl,1,i}$ - чердачных перекрытий i - ого типа, м^2, i = 1,2,…;

$A_{cl,2,i}$ - перекрытий теплых чердаков i - ого типа, м^2, i = 1,2,…;

$A_{f,j,i}$ - площадь перекрытий i - ого типа, м^2 j = 1,2,3,4, в том числе:

$A_{f,1,i}$ - перекрытий над техническими подпольями или над неотапливаемыми подвалами i - ого типа, м^2 , i = 1,2,…;

$A_{f,2,i}$ - над проездами или под эркерами i - ого типа, м^2 , i = 1,2,…;

$A_{f,3,i}$ - стен в земле и пола по грунту i - ого типа, м^2 , i = 1,2,…;

3.2 Рассчитываемые величины

По заданным в п. 3.1 данным рассчитываются:

$f = \dfrac{\sum_{i,j} A_{F,j,i}}{A_{fas}}$ - коэффициент остекленности фасада здания;

$k_e^{\,des} = \dfrac{A_e^{sum}}{V_h}$ - показатель компактности здания;

A_e^{sum} - общая площадь наружных ограждающих конструкций здания, м^2, по формуле

$$A_e^{sum} = A_{fas} + \sum_{i,j} A_{cl,j,i} + \sum_{i,j} A_{f,j,i} \quad (3.1)$$

4 Теплотехнические характеристики наружных ограждающих конструкций

Основные теплотехнические показатели, рассчитываемые по формулам или задаваемые непосредственно:

- приведенное сопротивление теплопередаче здания R_w^r, м$^2\cdot$°С/Вт;
- приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания K_m^{tr}, Вт/(м$^2\cdot$°С);
- теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции Q_{tr}^y, КВт.ч;
- приведенное сопротивление теплопередаче каждого из фрагментов теплозащитной оболочки здания, определяемых в п.3.1.2, $R_{w,i}^r$, м$^2\cdot$°С/Вт.

4.1 Задаваемые параметры

Расчет основных теплотехнических показателей здания основывается на расчете приведенного сопротивления теплопередаче для каждого из фрагментов теплозащитной оболочки здания, определенных в п.3.1.2.

Для каждого из фрагмента теплозащитной оболочки здания задаются следующие климатические значения:

$t_{\text{int},i}^*$ - внутренняя температура i-ого фрагмента теплозащитной оболочки здания;

$t_{ext,i}^*$ - наружная температура i-ого фрагмента теплозащитной оболочки здания;

в случае их отличия от расчетных температур t_{int} и t_{ext}, определяемых в п.2., а также

A_i - площадь i-ого фрагмента теплозащитной оболочки здания (индекс i в данном случае является интегральным индексом, принимающим значения совокупности индексов для каждого из фрагментов теплозащитной оболочки здания, определенных в п.3.1.2)

По заданным значениям рассчитывается

$n_{t,i}$ - коэффициент, учитывающего отличие внутренней $t_{\text{int},i}^*$ и/или наружной температуры конструкции $t_{ext,i}^*$ i-ого фрагмента теплозащитной оболочки здания от расчетных температур t_{int} и t_{ext}:

$$n_{t,i} = \frac{t_{\text{int},i}^* - t_{ext,i}^*}{t_{\text{int}} - t_{ext}} \quad (4.1)$$

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче для каждого из фрагментов теплозащитной оболочки здания $R_{w,i}^r$, м$^2\cdot$°С/Вт, может производиться двум способами:

- с помощью непосредственного учета линейных и точечных теплотехнических неоднородностей для рассчитываемого фрагмента;

- с помощью учета линейных и точечных теплотехнических неоднородностей для рассчитываемого фрагмента через коэффициент теплотехнической неоднородности.

4.1.1 Разбивка фрагментов теплозащитной оболочки здания на однородные части (плоские элементы)

В обоих случаях возможно разбиение рассчитываемого фрагмента площадью A_i (индекс i в данном случае является интегральным индексом, принимающим значения совокупности индексов для каждого из фрагментов теплозащитной оболочки здания, определенных в п.3.1.2) на однородные части (плоские элементы) площадью $A_{j,i}$, м^2:

$$A_i = \sum_j A_{j,i} \qquad (4.2)$$

Для каждого j-ой части i-ого фрагмента (плоского элемента), не входящего в состав стен в земле и пола по грунту, задаются

$\alpha_{\text{int},j,i}$ - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м$^2\cdot$°С), принимаемый по таблице 4.1 (Таблица 4 [1]);

$\alpha_{ext,j,i}$ - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м$^2\cdot$°С), принимаемый по таблице 4.2 (Таблица 6 [1]).

Таблица 4.1 - Коэффициенты теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции

Внутренняя поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи α_{int}, Вт/(м$^2\cdot$°С)
Стены, полы, гладкие потолки, потолки с выступающими ребрами при отношении высоты h ребер к расстоянию a между гранями соседних ребер $h/a \le 0{,}3$	8,7
Потолки с выступающими ребрами при отношении $h/a > 0{,}3$	7,6
Окна	8,0
Зенитные фонари	9,9
Примечание — Коэффициент теплоотдачи α_{int} внутренней поверхности ограждающих конструкций животноводческих и птицеводческих зданий следует принимать в соответствии с СНиП 2.10.03.	

Таблица 4.2 - Коэффициенты теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции

Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи для зимних условий α_{ext}, Вт/(м^2 • °С)
Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительно-климатической зоне	23
Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом, перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительно-климатической зоне	17
Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах, а также наружных стен с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом	12
Перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенных выше уровня земли, и над неотапливаемыми техническими, подпольями, расположенными ниже уровня земли	6

Для каждой j-ой части i-ого фрагмента (плоского элемента), входящего в состав стены в земле и пола по грунту, задается

$R_{gr,j,i}$ - термическое сопротивление грунта, Вт/(м^2·°С), определяемое по зонам шириной 2 м, номер зоны определяется от уровня поверхности земли [1], в соответствии с таблицей 4.3 (Приложение Е [1])

Таблица 4.3 - Термическое сопротивление грунта

R_{gr}	Номер зоны
2,1	I
4,3	II
8,6	III
14,2	IV и более

Для каждой j-ой части i-ого фрагмента (плоского элемента) выделяются слои, образующие этот плоский элемент.

4.1.1.1 Выделение слоев однородной части фрагмента теплозащитной оболочки здания (плоского элемента)

Для каждого s-ого слоя j-ой однородной части i-ого фрагмента (плоского элемента) задаются

либо:

$\delta_{s,j,i}$ – толщина слоя, м;

$\lambda_{s,j,i}$ – теплопроводность материала слоя, Вт/(м °С), принимаемая по Своду Правил;

и по заданным значениям определяется термическое сопротивление слоя однородной части фрагмента $R_{s,j,i}$, (м^2·°С)/Вт, в соответствии с формулой

$$R_{s,j,i} = \frac{\delta_{s,j,i}}{\lambda_{s,j,i}} \qquad (4.3)$$

либо непосредственно задается:

$R_{s,j,i}$ - термическое сопротивление s-ого слоя j-ой однородной части i-ого фрагмента, (м^2·°С)/Вт. Для невентилируемых воздушных прослоек термическое сопротивление слоя задается по таблице 4.4 (таблице Е.1 [1]).

Таблица 4.4 - Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки.

Толщина воздушной прослойки, м	Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, м^2 · °С/Вт			
	горизонтальной при потоке тепла снизу вверх и вертикальной		горизонтальной при потоке тепла сверху вниз	
	при температуре воздуха в прослойке			
	положительной	отрицательной	положительной	отрицательной
0,01	0,13	0,15	0,14	0,15
0,02	0,14	0,15	0,15	0,19
0,03	0,14	0,16	0,16	0,21
0,05	0,14	0,17	0,17	0,22
0,1	0,15	0,18	0,18	0,23
0,15	0,15	0,18	0,19	0,24
0,2-0,3	0,15	0,19	0,19	0,24
П р и м е ч а н и е. При оклейке одной или обеих поверхностей воздушной прослойки алюминиевой фольгой термическое сопротивление следует увеличивать в 2 раза.				

4.1.2 Задаваемые параметры в случае непосредственного учета линейных и точечных теплотехнических неоднородностей

При непосредственном учете линейных и точечных теплотехнических неоднородностей для i-ого фрагмента необходимо задание дополнительных параметров, позволяющих произвести расчет:

- удельных потерь теплоты через линейную теплотехническую неоднородность;
- удельных потерь теплоты через точечную теплотехническую неоднородность.

4.1.2.1 Задаваемые параметры для учета линейных теплотехнических неоднородностей

Для учета линейных теплотехнических неоднородностей i-ого фрагмента дополнительно задаются следующие параметры:

$L_{j,i}$ - длина линейной теплотехнической неоднородности j-ого типа, м;

$Q_{j,i}^{L}$ – потери теплоты через расчетную область с линейной теплотехнической неоднородностью j-го вида для i-ого фрагмента, приходящиеся на один погонный метр стыка, являющиеся результатом расчета температурного поля, Вт/м;

$S_{j,1,i}$, $S_{j,2,i}$ – площади однородных частей i-ого фрагмента, вошедшие в расчетную область с линейной теплотехнической неоднородностью j-го вида при расчете температурного поля, м^2; при этом величина $S_{j,1,i} + S_{j,2,i}$ равна площади расчетной области при расчете температурного поля.

4.1.2.2 Задаваемые параметры для учета точечных теплотехнических неоднородностей

Для учета точечных теплотехнических неоднородностей i-ого фрагмента дополнительно задаются следующие параметры:

$N_{j,i}$ - число точечных теплотехнических неоднородностей j-ого типа, м;

$Q_{j,i}$ – потери теплоты через узел, содержащий точечную теплотехническую неоднородность j-ого типа, являющиеся результатом расчета температурного поля, Вт;

$\tilde{Q}_{j,i}$ - потери теплоты через тот же узел, не содержащий точечную теплотехническую неоднородность j-ого типа, являющиеся результатом расчета температурного поля, Вт.

4.1.3 Задаваемые параметры в случае учета линейных и точечных теплотехнических неоднородностей через коэффициент теплотехнической неоднородности

В случае невозможности непосредственного расчета линейных и точечных теплотехнических неоднородностей для i-ого фрагмента, учет этих неоднородностей возможен через коэффициент теплотехнической неоднородности. В этом случае необходимо задание

r_i - коэффициента теплотехнической неоднородности i-ого фрагмента.

Значение коэффициента теплотехнической неоднородности i-ого фрагмента r_i не превышает 1. В случае отсутствия линейных и точечных теплотехнических неоднородностей в i-м фрагменте полагается $r_i = 1$.

4.2 Расчет теплотехнических характеристик для i-ого фрагмента теплозащитной оболочки здания

Заданные в п. 4.1. параметры позволяются рассчитать:

- условное сопротивление теплопередаче j-ой однородной части i-ого фрагмента (плоского элемента) теплозащитной оболочки здания, $\boldsymbol{R_{r,j,i}}$, м$^2\cdot$°С/Вт;
- удельные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность j-го вида, $\Psi_{\boldsymbol{j,i}}$, Вт/(м·°С);
- удельные потери теплоты через точечную теплотехническую неоднородность j-го вида, $K_{j,i}$, Вт/°С;
- приведенное сопротивление теплопередаче i-ого фрагмента теплозащитной оболочки здания, $\boldsymbol{R^r_{w,i}}$, м$^2\cdot$°С/Вт.

4.2.1 Расчет условного сопротивления теплопередаче j-ой однородной части i-ого фрагмента (плоского элемента) теплозащитной оболочки здания

Условное сопротивление теплопередаче j-ой однородной части i-ого фрагмента (плоского элемента) теплозащитной оболочки здания, $\boldsymbol{R_{r,j,i}}$, м$^2\cdot$°С/Вт, в зависимости от расположения этого плоского элемента рассчитывается:

— для элементов, определенных в п. 3.1.2, кроме стен в земле и пола по грунту, по формуле

$$R_{r,j,i} = \frac{1}{\alpha_{\text{int},j,i}} + \sum_s R_{s,j,i} + \frac{1}{\alpha_{ext,j,i}} \qquad (4.4)$$

— для стен в земле и пол по грунту рассчитывается по формуле

$$R_{r,j,i} = coef\left(R_{gr,j,i} + \sum_s R_{s,j,i}\right), \qquad (4.5)$$

где $coef = \begin{cases} 1.18, \text{ в случае пола на лагах} \\ 1, \text{ в остальных случаях} \end{cases}$

$R_{s,j,i}$ определяется формулой (4.3).

4.2.2 Расчет удельных потерь теплоты через линейную теплотехническую неоднородность j-го вида для i-ого фрагмента теплозащитной оболочки здания.

В случае непосредственного учета линейных и точечных теплотехнических неоднородностей для рассчитываемого фрагмента **у**дельные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность j-го вида, $\Psi_{\boldsymbol{j,i}}$, Вт/(м·°С), рассчитываются по формуле

$$\Psi_{j,i} = \frac{\Delta Q^L_{j,i}}{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}} \qquad (4.6)$$

где t_{int} – расчетная температура внутреннего воздуха, °С, определяемая в п.2.;

t_{ext} – расчетная температура наружного воздуха, °С, определяемая в п. 2.;

$\Delta Q^L_{j,i}$ – дополнительные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность *j*-го вида, приходящиеся на 1 п.м, Вт/м, определяемые по формуле

$$\Delta Q^L_{j,i} = Q^L_{j,i} - Q_{j,1,i} - Q_{j,2,i} \qquad (4.7)$$

где $Q_{j,1,i}$, $Q_{j,2,i}$ – потери теплоты через участки однородных частей фрагмента, вошедшие в расчетную область при расчете температурного поля области с линейной теплотехнической неоднородностью *j*-го вида, Вт/м, определяемые по формулам:

$$Q_{j,1,i} = \frac{t_{\text{int}} - t_{ext}}{R_{r,\text{j},1,i} \cdot 1м} \cdot S_{j,1,i} \quad , \qquad Q_{j,2,i} = \frac{t_{\text{int}} - t_{ext}}{R_{r,\text{j},2,i} \cdot 1м} \cdot S_{j,2,i} \qquad (4.8)$$

где $S_{j,1,i}, S_{j,2,i}$ – площади однородных частей i-ого фрагмента, вошедшие в расчетную область с линейной теплотехнической неоднородностью *j*-го вида, м^2, определяемые в п. 4.1.1.1;

$R_{r,\text{j},1,i}, R_{r,\text{j},2,i}$ – их условные сопротивления теплопередаче, (м^2°С)/Вт, рассчитываемые в п. 4.2.1;

Значение $Q^L_{j,i}$ определяется в п. 4.1.2.1.

4.2.3 Расчет удельных потерь теплоты через точечную теплотехническую неоднородность j-го вида для i-ого фрагмента теплозащитной оболочки здания

В случае непосредственного учета линейных и точечных теплотехнических неоднородностей для рассчитываемого фрагмента удельные потери теплоты через точечную теплотехническую неоднородность j-го вида, $K_{j,i}$, Вт/°С, рассчитываются по формуле

$$K_{j,i} = \frac{\Delta Q^K_{j,i}}{t_{\text{int}} - t_{ext}} \qquad (4.9)$$

где t_{int} – расчетная температура внутреннего воздуха, °С, определяемая в 2;

t_{ext} – расчетная температура наружного воздуха, °С, определяемая в п.2;

$\Delta Q^K_{j,i}$ – дополнительные потери теплоты через точечную теплотехническую неоднородность j-го вида, Вт, определяемые по формуле

$$\Delta Q^K_{j,i} = Q_{j,i} - \tilde{Q}_{j,i}. \qquad (4.10)$$

Значения $Q_{j,i}$ и $\tilde{Q}_{j,i}$ задаются в п. 4.1.2.2.

4.2.4 Расчет приведенного сопротивления теплопередаче i-ого фрагмента теплозащитной оболочки здания

Приведенное сопротивление теплопередаче i-ого фрагмента теплозащитной оболочки здания, $\boldsymbol{R}^{\boldsymbol{r}}_{\boldsymbol{w,i}}$, м$^2\cdot$°С/Вт, рассчитывается по формуле

$$R^r_{w,i} = \frac{\sum_j A_{j,i}}{\sum_j \frac{A_{j,i}}{R_{r,\mathrm{j,i}}} + \sum_j L_{j,i}\Psi_{j,i} + \sum_j N_{j,i}K_{j,i}} \qquad (4.11)$$

при непосредственном учете линейных и точечных теплотехнических неоднородностей;

$$R^r_{w,i} = r_i R_{r,i} \qquad (4.12)$$

при учете линейных и точечных теплотехнических неоднородностей через коэффициент теплотехнической неоднородности.

4.3 Расчет теплотехнических характеристик здания

Рассчитываются:

- приведенное сопротивление теплопередаче здания R^r_w, м$^2\cdot$°С/Вт;
- приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания K^{tr}_m, Вт/(м$^2\cdot$°С);
- теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции Q^y_{tr}, КВт.ч.

Приведенное сопротивление теплопередаче здания R^r_w, м$^2\cdot$°С/Вт определяется по рассчитанным в п. 4.2.4 или заданным непосредственно значениям $R^r_{w,i}$ - приведенных сопротивлений теплопередаче фрагментов теплозащитной оболочки здания площадью A_i с температурными коэффициентами $n_{t,i}$, формулой

$$R^r_w = \frac{\sum_i A_i}{\sum_i n_{t,i}\frac{A_i}{R^r_{\mathrm{w,i}}}} \qquad (4.13)$$

В случае задания параметров линейных и точечных неоднородностей, соединяющих фрагменты теплозащитной оболочки, формула (4.13) принимает вид

$$R^r_w = \frac{\sum_i A_i}{\sum_i n_{t,i}\frac{A_i}{R^r_{\mathrm{w,i}}} + \sum_i n^l_{t,i}L_i\Psi_i + \sum_i n^p_{t,i}N_iK_i} \qquad (4.14)$$

где $n^l_{t,i}$ и $n^p_{t,i}$ - коэффициенты, учитывающие отличие внутренней $t^*_{\mathrm{int},i}$ и/или наружной температуры $t^*_{ext,i}$ от расчетных температур t_{int} и t_{ext}, определяемых в п. 2.1 для i-ого линейного и точечного элемента, соответственно; определяются по формуле (4.1).

Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания K^{tr}_m, Вт/(м$^2\cdot$°С), рассчитывается по формуле

$$K_m^{tr} = \frac{1}{R_w^r} \quad (4.15)$$

Теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции Q_{tr}^y, КВт*ч, рассчитываются по формуле

$$Q_{tr}^y = 0.024 K_m^{tr} z_{ht} A_e^{sum} \quad (4.16)$$

где z_{ht} - продолжительность отопительного периода, сут, определяемая в п.2;

A_e^{sum} - общая площадь наружных ограждающих конструкций здания, м^2, определяемая в формулой (3.1) п.3.2.

5 Вентиляция/Инфильтрация

Основные характеристики, описывающие теплопотери здания за счет вентиляционного воздухообмена с учетом инфильтрации, рассчитываемые по формулам или задаваемые непосредственно

- теплопотери здания за счет вентиляционного воздухообмена с учетом инфильтрации, Q_{inf}^y, кВт·ч;
- коэффициенты инфильтрации, $K_m^{inf,ext}$ и $K_m^{inf,ht}$,Вт / м^2·°С , в расчетных и среднезимних условиях, соответственно;
- кратности воздухообменов n_a^{ext} , и n_a^{ht} в расчетных и среднезимних условиях, соответственно.

Расчетные условия соответствуют расчету при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования теплозащиты, среднезимние условия – расчету при средней температуре наружного воздуха за отопительный период.

Расчет тепловых потерь за счет вентиляции/инфильтрации может потребовать предварительной разбивки здания на зоны. При отсутствии необходимости разбивки на зоны все здание рассматривается как одна зона, для которой производится расчет в соответствии с пп. 5.2 - 5.4.

5.1 Параметры расчета

Для расчета теплопотерь здания за счет вентиляционного воздухообмена с учетом инфильтрации необходимы значения:

V_h - отапливаемого объема здания, м^3, задаваемого в п. 3.1.1;

A_e^{sum} - общей площади наружных ограждающих конструкций здания, м$^{2.,}$ рассчитываемой по формуле (3.1) в п.3.2;

β_v - коэффициента снижения объема воздуха в здании, учитывающего наличие внутренних ограждающих конструкций, не превышает значения 1,0. При отсутствии данных принимается $\beta_v = 0{,}85$.

5.2 Разбивка на зоны

Разбивка на зоны производится по трем параметрам:

- высоте здания (в случае высотных зданий);
- типу помещений (жилое/нежилое);
- назначению помещения.

Для каждой зоны задаются:

5.2.1 Климатические параметры *i*-ой зоны (i = 1,2,…)

$t_{\text{int},i}$ – расчетная температура внутреннего воздуха, ^{o}C;

$t_{ext,i}$ - расчетная температура наружного воздуха для проектирования теплозащиты, ^{o}C;

$t_{ht,i}$ - средняя температура наружного воздуха за отопительный период, ^{o}C;

$z_{ht,i}$ - продолжительность отопительного периода (i = 1,2,…), сут;

$v_{ext,i}$ - расчетная скорость ветра, м/с, (максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16 % и более, принимаемая по таблице 1 СНиП 23-01-99 [2] , для высотных зданий в соответствии с Таблицами 5.1, 5.2 (Таблицами Г6, Г7 [3]));

$v_{ht,i}$ - скорость ветра в среднезимних условиях, м/с, задается в соответствии со СНиП 23-01-99 [2].

Таблица 5.1 - Расчетная скорость ветра

Расчетная скорость ветра v_{ext}, м/с	Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь v_{ext}, м/с
4,0	4,9

Таблица 5.2 - Коэффициент изменения расчетной скорости ветра по высоте здания

Высота, м	Коэффициент ξ коэффициент при расчетной скорости ветра, м/с	
	4,0	4,9
10	1,0	1,0
50	1,5	1,4
100	1,9	1,8
150	2,1	2,0
200	2,1	2,1
250	2,5	2,3
300	2,6	2,4
350	2,6	2,4
400	2,8	2,5
450	2,9	2,6
500	2,9	2,6
Примечание – При определении расчетной скорости ветра на соответствующей высоте значений скоростей ветра, приведенные в таблице 5.1, следует умножать на коэффициент ξ с соответствующей интерполяцией		

Климатические параметры зоны для Москвы и Московской области задаются в соответствии с таблицами 1.1-1.3 (Приложение Г, таблицы Г.3, Г.4, Г.5 [3]), для остальных регионов в соответствии со СНиП 23-01-99 [2] и зависят от высоты расположения зоны (при разбивке по высоте для высотных зданий).

5.2.2 Геометрические параметры *i*-ой зоны (i = 1,2,…)

$A_{h,i}$ - площадь квартир или полезная площадь (общественных зданий) в зависимости от типа зоны, м^2;

$A_{r,i}$ - площадь жилых помещений, м^2 или $A_{l,i}$ - расчетная площадь (общественных зданий) в зависимости от типа зоны, м^2;

$H_{1,i}$ - нижняя отметка зоны по высоте, м;

$H_{2,i}$ - верхняя отметка зоны по высоте, м;

$H_i = H_{2,i} - H_{1,i}$ - высота зоны, м;

h_i - высота этажа от пола до потолка (для жилой зоны), м;

5.2.3 Расчетные параметры *i*-ой зоны (i = 1,2,…)

$m_{k,i}$ - число жителей зоны (для жилой зоны)

$Vent_coef_i$ - расчетный коэффициент для определения количества приточного воздуха при механической вентиляции (для нежилой зоны), выбирается по с таблицей 5.1. (в соответствии с СНиП 23-02-2003, Приложение Г).

Таблица 5.1 - Расчетный коэффициент для определения количества приточного воздуха при механической вентиляции (нежилая зона)

Vent_coef	Тип помещения
4	Административные здания, офисы, склады и супермаркеты
5	Магазины шаговой доступности, учреждения здравоохранения, комбинаты бытового обслуживания, спортивные арены, музеи и выставки
7	Детские дошкольные учреждения, школы, среднетехнические и высшие учебные заведения
10	Физкультурно-оздоровительные и культурно-досуговые комплексы, рестораны, кафе, вокзалы

5.2.4 Параметры вентиляции *i*-ой зоны (i = 1,2,…)

$n_{v,i}$ - число часов работы механической вентиляции в течение недели;

$n_{\inf,i}$ - число часов учета инфильтрации в течение недели, определяется в соответствии с

$$n_{inf,i} = \begin{cases} 168, & \text{для зданий со сбалансированной приточно – вытяжной вентиляцией} \\ 168 - n_{v,i}, & \text{для зданий, в помещениях которых поддерживается подпор воздуха во время действия приточной механической вентиляции} \end{cases}$$

В случае нежилых помещений предполагается, что поддерживается подпор воздуха во время действия приточной механической вентиляции. В этом случае значения $n_{v,i}$, $n_{\inf,i}$ вычисляются по формулам

$$n_{v,i} = n_{v,i}^{d} num_{w,d,i} \quad , \tag{5.1}$$

$$n_{\inf,i} = 168 - n_{v,i} , \tag{5.2}$$

где $num_{w,d,i}$ - число рабочих дней в неделю;

$n_{v,i}^{d}$ - число часов работы вентиляции в день.

5.2.5 Параметры светопрозрачных конструкций (окон/ балконных дверей /витражей/фонарей) для *i*-ой зоны ($i = 1,2,\ldots$)

$A_{F,j,i}$ - площадь (м^2) светопрозрачных конструкций j-ого типа;

$R_{a.F,j,i}$ - требуемое сопротивление воздухопроницанию (м^2·°С/Вт) светопрозрачных конструкций j-ого типа;

$k_{f,j,i}$ - коэффициент учета влияния встречного теплового потока в светопрозрачных конструкциях j-ого типа i-ой зоны, определяется по таблице 5.2. (в соответствии с Приложением Ж [3]);

$t_{\text{int},F,j,i}$ - температура (°С) в окрестности окон/ балконных дверей /витражей j-ого типа i-ой зоны.

Климатические параметры в п. 5.2.5 задаются в соответствии с таблицами 1.1-1.3 (Приложение Г, таблицы Г.3, Г.4, Г.5 [3]), для остальных регионов в соответствии со СНиП 23-01-99 [2].

Таблица 5.2 - Значения коэффициента учета влияния встречного теплового потока в светопрозрачных конструкциях

$k_{f,j,i}$	Тип светопрозрачной конструкции
1,0	Окна и балконные двери с одинарными переплетами
0,9	Окна и балконные двери со спаренными переплетами
0,8	Окна и балконные двери с двойными раздельными переплетами
0,7	Окна и балконные двери с тройными раздельными переплетами
0,7	Стыки панелей стен

5.2.6 Параметры балконных дверей наружных переходов/входных дверей или ворот

$A_{ed,j,i}$ - площадь (м^2) балконных дверей наружных переходов/входных дверей или ворот j-ого типа i-ой зоны; (задается в таблице «Двери»);

$R_{a.ed,j,i}$ - требуемое сопротивление воздухопроницанию (м$^{2\cdot}$°С/Вт) балконных дверей наружных переходов/входных дверей или ворот j-ого типа i-ой зоны;

$t_{\text{int},F,j,i}$ - температура (°С) в окрестности окон/балконных дверей /витражей j-ого типа i-ой зоны.

Климатические параметры в п. 5.2.6. задаются в соответствии с таблицами 1.1-1.3 (Приложение Г, таблицы Г.3, Г.4, Г.5 [3]), для остальных регионов в соответствии со СНиП 23-01-99 [2].

5.3. Разбивка на зоны. Расчет кратности воздухообмена

Для каждой зоны рассчитывается:

$n_{a,i}^{ht}$ - кратность воздухообмена i-ой зоны в среднезимних условиях, по формуле

$$n_{a,i}^{ht} = \frac{1}{\beta_v V_h}\left(\frac{L_{v,i}n_{v,i}}{168} + \left(\frac{G_{inf,i}^{ht}n_{inf,i}}{168\rho_{a,i}^{ht}}\right)\right); \qquad (5.3)$$

$n_{a,i}^{ext}$ - кратность воздухообмена i-ой зоны в расчетных условиях, по формуле

$$n_{a,i}^{ext} = \frac{1}{\beta_v V_h}\left(\frac{L_{v,i}n_{v,i}}{168} + \left(\frac{G_{inf,i}^{ext}n_{inf,i}}{168\rho_{a,i}^{h}}\right)\right), \qquad (5.4)$$

Параметры, необходимые для расчета по формулам (5.3) и (5.4), задаются в пп.5.1, 5.2.4 и рассчитываются в пп. 5.3.1-5.3.2, или задаются непосредственно.

5.3.1 Параметры инфильтрации

Количество инфильтрующегося воздуха (кг/ч), поступающего в лестничную клетку жилого здания или в помещения общественного здания через неплотности заполнений проемов, полагая, что все они находятся на наветренной стороне, $G_{\text{inf},i}^{ext}$ и $G_{\text{inf},i}^{ht}$ в расчетных и среднезимних условиях, соответственно, для i-ой зоны определяются по формулам

$$G_{inf,i}^{ext} = \sum_j k_{f,j,i}\left(\frac{A_{F,j,i}}{R_{a.F,j},i}\right)\cdot\left(\frac{\Delta p_{F,j,i}^{ext}}{10}\right)^{2/3} + \sum_j\left(\frac{A_{ed,j,i}}{R_{a.ed,j,i}}\right)\cdot\left(\frac{\Delta p_{ed,j,i}^{ext}}{10}\right)^{1/2} \qquad (5.5)$$

- в расчетных условиях

$$G_{inf,i}^{ht} = \sum_j k_{f,j,i} \left(\frac{A_{F,j,i}}{R_{a.F,j,i}} \right) \cdot \left(\frac{\Delta p_{F,j,i}^{ht}}{10} \right)^{2/3} + \sum_j \left(\frac{A_{ed,j,i}}{R_{a.ed,j,i}} \right) \cdot \left(\frac{\Delta p_{ed,j,i}^{ht}}{10} \right)^{1/2} \quad (5.6)$$

- в среднезимних условиях

где $\Delta p_{F,j,i}^{ext}$ и $\Delta p_{F,j,i}^{ht}$ - соответственно, разность давлений наружного и внутреннего воздуха для светопрозрачных конструкций j-ого типа i-ой зоны в расчетных и среднезимних условиях, Па, определяемая по формуле

$$\Delta p_{F,j,i}^{ext} = 0{,}28 H_i (\gamma_{ext,i} - \gamma_{\text{int},F,j,i}) + 0{,}03 \gamma_{ext,i} v_{ext,i}{}^2 \quad (5.7)$$

$$\Delta p_{F,j,i}^{ht} = 0{,}28 H_i (\gamma_{ht,i} - \gamma_{\text{int},F,j,i}) + 0{,}03 \gamma_{ht,i} v_{ht,i}{}^2, \quad (5.8)$$

$\Delta p_{ed,j,i}^{ext}$ и $\Delta p_{ed,j,i}^{ht}$ - соответственно, разность давлений наружного и внутреннего воздуха для входных дверей/ворот/балконных дверей j-ого типа i-ой зоны в расчетных и среднезимних условиях, Па, определяемая по формуле

$$\Delta p_{ed,j,i}^{ext} = 0{,}55 H_i (\gamma_{ext,i} - \gamma_{\text{int},ed,j,i}) + 0{,}03 \gamma_{ext,i} v_{ext,i}{}^2 \quad (5.9)$$

$$\Delta p_{ed,j,i}^{ht} = 0{,}55 H_i (\gamma_{ht,i} - \gamma_{\text{int},ed,j,i}) + 0{,}03 \gamma_{ht,i} v_{ht,i}{}^2, \quad (5.10)$$

$\gamma_{ext,i}$ - удельный вес, Н/м^3, наружного воздуха при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования теплозащиты $t_{ext,i}$ для данной зоны (задается в п.5.2.1.), рассчитывается по формуле

$$\gamma_{ext,i} = \frac{3463}{273 + t_{ext,i}} \quad (5.11)$$

$\gamma_{\text{int},F,j,i}$ - удельный вес, Н/м^3, внутреннего воздуха при температуре $t_{\text{int},F,j}$ (°С) в окрестности светопрозрачной конструкции j-ого типа i-ой зоны ($t_{\text{int},F,j}$ задается в п.5.2.1.), рассчитывается по формуле

$$\gamma_{\text{int},F,j,i} = \frac{3463}{273 + t_{\text{int},F,j,i}} \quad (5.12)$$

$\gamma_{\text{int},ed,j,i}$ - удельный вес, Н/м^3, внутреннего воздуха при температуре $t_{\text{int},ed,j,i}$ (°С) в окрестности для входных дверей/ворот/балконных дверей j-ого типа i-ой зоны ($t_{\text{int},ed,j,i}$ задается в п.5.2.1.), рассчитывается по формуле

$$\gamma_{\text{int},ed,j,i} = \frac{3463}{273 + t_{\text{int},ed,j,i}} \quad (5.13)$$

$\gamma_{ht,i}$ - удельный вес, Н/м^3, наружного воздуха при температуре $t_{ht,i}$ (°С) средней температуре наружного воздуха i-ой зоны за отопительный период ($t_{ht,i}$ задается в п.5.2.1.), рассчитывается по формуле

$$\gamma_{ht,i} = \frac{3463}{273 + t_{ht,i}} \tag{5.14}$$

остальные параметры задаются в пп. 5.2.1, 5.2.2, 5.2.5, 5.2.6.

5.3.2 Параметры вентиляции

Количество приточного воздуха в здании при неорганизованном притоке либо нормируемое значение при механической вентиляции $L_{v,i}$, м^3/ч, вычисляется в соответствии с формулами

а) нежилое помещение

$$L_{v,i} = Vent_coef_i \cdot A_{l,i} \tag{5.15}$$

б) жилое помещение

$$L_{v,i} = \begin{cases} 3A_{r,i}, & \text{при выполнении неравентства } \dfrac{A_{h,i}}{m_{k,i}} < 20 \\ \max\{0.35A_{r,i}h_i, 30m_{k,i}\}, & \text{иначе} \end{cases} \tag{5.16}$$

Значения параметров в формулах (5.3) –(5.4) определяются в пп.5.2.2, 5.2.3.

Плотность приточного воздуха в расчетных условиях, кг/м^3, $\rho^h_{a,i}$, вычисляется по формуле:

$$\rho^h_{a,i} = \frac{353}{273 + 0.5(t_{\text{int},i} + t^h_{ext})} \tag{5.17}$$

Плотность приточного воздуха в среднезимних условиях, кг/м^3, $\rho^{ht}_{a,i}$, вычисляется по формуле

$$\rho^{ht}_{a,i} = \frac{353}{273 + 0.5(t_{\text{int},i} + t_{ht,i})} \tag{5.18}$$

Значения параметров в формулах (5.17) –(5.18) определяются в пп.2. и 5.2.1.

5.4 Теплопотери здания за счет вентиляционного воздухообмена с учетом инфильтрации

Рассчитываются:

- теплопотери здания за счет вентиляционного воздухообмена с учетом инфильтрации, Q^y_{inf}, кВт·ч;
- коэффициенты инфильтрации, $K^{inf,ext}_m$ и $K^{inf,ht}_m$,Вт / м^2·°С , в расчетных и среднезимних условиях, соответственно;

- кратности воздухообменов n_a^{ext} , и n_a^{ht} в расчетных и среднезимних условиях, соответственно;

Теплопотери здания за счет вентиляционного воздухообмена с учетом инфильтрации, Q_{inf}^{y} , кВт·ч , рассчитываются по формуле

$$Q_{\text{inf}}^{y} = 0.28 \cdot 0.024 c \beta_{\text{v}} V_h D_d \sum_{i=1}^{N_z} n_{a,i}^{ext} \rho_{a,i}^{h} \text{ - в расчетных условиях} \quad (5.19)$$

$$Q_{\text{inf}}^{y} = 0.28 \cdot 0.024 c \beta_{\text{v}} V_h D_d \sum_{i=1}^{N_z} n_{a,i}^{ht} \rho_{a,i}^{ht} \text{ - в среднезимних условиях} \quad (5.20)$$

где $c = 1$ кДж/(кг·°С) – удельная теплоемкость воздуха;

D_d - средняя величина градусо-суток отопительного периода, рассчитывается по формуле

$$D_d = \frac{\sum_i A_{h,i} D_{d,i}}{\sum_i A_{h,i}} \quad (5.21)$$

где $D_{d,i}$ - градусо-сутки отопительного периода i-ой зоны, рассчитывается по формуле

$$D_{d,i} = \left(t_{\text{int},i} - t_{ht,i} \right) z_{ht,i} \quad (5.22)$$

Значения параметров, необходимых для расчета по формулам (5.21) и (5.22) задаются в пп.5.2.1 и 5.2.2., остальные значения задаются в п.5.1 и рассчитываются в соответствии с п.5.3.

Коэффициенты инфильтрации, $K_m^{inf,ext}$ и $K_m^{inf,ht}$,Вт / м^2·°С , в расчетных и среднезимних условиях, соответственно, по формулам

$$K_m^{inf,ext} = \frac{0,28 c \beta_v V_h \sum_{i=1}^{N_z} n_{a,i}^{ext} \rho_{a,i}^{h}}{A_e^{sum}} \quad (5.23)$$

- в расчетных условиях,

$$K_m^{inf,ht} = \frac{0,28 c \beta_v V_h \sum_{i=1}^{N_z} n_{a,i}^{ht} \rho_{a,i}^{ht}}{A_e^{sum}} \quad (5.24)$$

- в среднезимних условиях,

где $c = 1$ кДж/(кг·°С) – удельная теплоемкость воздуха;

остальные параметры определяются в п. 5.1, 5.3.

Кратности воздухообменов n_a^{ext} и n_a^{ht} n_a^{ht} в расчетных и среднезимних условиях, соответственно, определяются суммированием по зонам соответствующих кратностей воздухообменов:

$$n_a^{ext} = \sum_i n_{a,i}^{ext} , \qquad n_a^{ht} = \sum_i n_{a,i}^{ht} . \tag{5.25}$$

6 Бытовые тепловыделения

Рассчитываются:

- удельные бытовые тепловыделения в здании в течение отопительного периода q_{int}, Вт/ м^2;
- бытовые теплопоступления в здание за отопительный период Q_{int}^y, кВт·ч.

Расчет данных характеристик может потребовать предварительного разбиения здания на зоны. Для каждой зоны необходимо задание типа зоны: жилая/нежилая. При отсутствии необходимости разбивки на зоны все здание рассматривается как одна зона, для которой определяется тип жилая/нежилая и производится расчет в соответствии с пп. 6.1. - 6.3.

6.1 Параметры расчета для i-ой зоны

В зависимости от типа зоны необходимо задание некоторых параметров.

6.1.1 Параметры расчета для жилой зоны

$A_{h,i}$ - площади квартир, м^2;

$A_{r,i}$ - площади жилых помещений, м^2;

$z_{ht,i}$ - продолжительности отопительного периода (i = 1,2,…) для зоны, сут;

$m_{k,i}$ - число жителей зоны.

6.1.2 Параметры расчета для нежилой зоны

$A_{h,i}$ - полезная площадь (общественных зданий), м^2;

$A_{l,i}$ - расчетная площадь (общественных зданий), м^2;

$z_{ht,i}$ - продолжительность отопительного периода (i = 1,2,…) для зоны, сут;

$n_{wh,i}$ - число рабочих часов в неделю;

$S_{norm,i}$ - нормативная площади, приходящяяся на одного сотрудника, м^2/чел;

$P_{lum,i}$ - удельные тепловыделения от освещения, Вт/ м^2 (по установочной мощности); определяется по таблице 6.1 (в соответствии с таблицей Г.9 [3]);

$k_{lum,i}$ - коэффициент использования освещения, $k_{lum,i} \le 1$;

$P_{eq,i}$ - удельные теплопоступлений от технологического оборудования, Вт/м^2, определяемых по таблице 6.2 (в соответствии с Приложением Г [1]);

$k_{eq,i}$ - коэффициент использования технологического оборудования, $k_{eq,i} \le 1$.

Таблица 6.1 - Максимально допустимая удельная установленная мощность P_{lum} искусственного освещения исходя из нормируемой освещенности

Тип помещения	Максимальная нормируемая освещенность по МГСН 2.06-99, лк	Максимально допустимая удельная установленная мощность P_{lum}, Вт/м^2, не более
Здания управлений (министерства, ведомства, комитеты, управления и т.п.), конструкторских и проектных организаций, научно-исследовательстких учреждений, библиотек:		
Кабинеты и рабочие комнаты, офисы, машинописные бюро	400	25
Проектные комнаты и залы, конструкторские бюро	500	35
Помещения для ксерокопирования, электрофотографирования и т.п.	400	25
Помещения для работы с дисплеями, видеотерминалами, мониторами	400	25
Читальные залы	400	25
Лаборатории	500	35
Банковские и страховые учреждения:		
Операцилонный зал, кассовый зал	500	35
Общеобразовательные школы и школы-интернаты, профессионально-технические, средние-специальные и высшие учебные заведения:		
Классные комнаты, аудитории, учебные кабинеты, лаборатории, лаборантские, кабинеты информатики и вычислительной техники	400	25
Детские дошкольные учреждения:		
Групповые, игральные, столовые, комнаты для музыкальных и гимнастических занятий	400	25
Предприятия общественного питания:		
Обеденные залы столовых, закусочных, буфетов	200	14
Помещения приготовления пищи	400	25
Магазины:		
Торговые залы супермаркетов	500	35

Таблица 6.2 - Значения удельных теплопоступлений от технологического оборудования

Тип помещения	P_{eq} , Вт/ м^2
Офисы	20
Остальные помещения общественного назначения	10

6.2 Расчет удельных бытовых тепловыделений для i-ой зоны

Расчет удельных бытовых тепловыделений $q_{\text{int},i}$, Вт/ м^{2}производится в зависимости от типа зоны.

6.2.1 Расчет удельных бытовых тепловыделений для жилой зоны

Расчет удельных бытовых тепловыделений $q_{\text{int},i}$, Вт/ м^2, для i-ой жилой зоны производится интерполяцией по формуле

$$q_{\text{int},i} = \begin{cases} 17, & \text{если } \dfrac{A_{h,i}}{m_{k,i}} < 20 \text{ м}^2/\text{чел} \\ -\dfrac{7}{25}\left(\dfrac{A_{h,i}}{m_{k,i}} - 45\right) + 10, & \text{если } 20 \text{ м}^2/\text{чел} < \dfrac{A_{h,i}}{m_{k,i}} < 45 \text{ м}^2/\text{чел} \\ 10, & \text{если } \dfrac{A_{h,i}}{m_{k,i}} > 45 \text{ м}^2/\text{чел} \end{cases} \quad (6.1)$$

в соответствии с Приложением Г [1].

Параметры в правой части формулы (6.1) определяются в п. 6.1.1.

6.2.2 Расчет удельных бытовых тепловыделений для нежилой зоны

Расчет удельных бытовых тепловыделений $q_{\text{int},i}$, Вт/ м^2, для i-ой нежилой зоны производится по формуле

$$q_{\text{int},i} = \left(90\frac{1}{S_{norm,i}} + P_{lum,i}k_{lum,i} + P_{eq,i}k_{eq,i}\right)\frac{n_{wh,i}}{168}. \quad (6.2)$$

Параметры в правой части формулы (6.2) определяются в п. 6.1.2.

6.3 Расчет бытовых теплопоступлений в здание за отопительный период

Бытовые теплопоступления в здание за отопительный период Q^y_{int}, кВт·ч, рассчитываются суммированием по зонам бытовых теплопоступлений за отопительный период $Q^y_{\text{int},i}$, кВт·ч:

$$Q^y_{\text{int}} = \sum_i Q^y_{\text{int},i} \quad (6.3)$$

где $Q_{\text{int},i}^{y} = 0.024 q_{\text{int},i} z_{ht,i} A_i$, где $A_i = \begin{cases} A_{r,i}, & \text{для жилой зоны} \\ A_{l,i}, & \text{для нежилой зоны} \end{cases}$

7 Теплопоступления от солнечной радиации

Рассчитываются теплопоступления в здание от солнечной радиации за отопительный период Q_{sol}, кВт·ч.

Теплопоступления в здание от солнечной радиации осуществляются через светопрозрачные конструкции, определенные в п.3.1.2 и требуется определения ориентации каждой из светопрозрачных конструкций. Выделяются горизонтально и вертикально ориентированные светопрозрачные конструкции. Для вертикально ориентированных светопрозрачных конструкций определяется ориентация по сторонам света.

Светопрозрачные конструкции с углом наклона к горизонту 45° и более считаются вертикально ориентированными, с углом наклона менее 45° - горизонтально ориентированными.

7.1 Параметры расчета теплопоступлений в здание от солнечной радиации

Для расчета теплопоступлений в здание от солнечной радиации Q_s, кВт·ч, необходимо задание следующих параметров для каждого типа светопрозрачной конструкции, определенной в п.3.1.2:

$A_{F,j,i}$ - площади светопрозрачной конструкции i-ой j - ого типа, м^2, задается в п.3.1.2;

$\tau_{F,j,i}$ - коэффициента, учитывающего затенение непрозрачными элементами заполнения i-ой светопрозрачной конструкции j - ого типа принимается по проектным данным. При отсутствии данных принимается по своду правил (например, в соответствии с таблицей 7.1 (таблицей Г8 Приложения Г [3]));

$k_{F,j,i}$ - коэффициента относительного проникания солнечной радиации для i-ой светопрозрачной конструкции j - ого типа принимается по проектным данным. При отсутствии данных принимается по своду правил (например, в соответствии с таблицей 7.1 (таблицей Г8 Приложения Г [3]));

$I_{F,j,i}$ - средней за отопительный период величины солнечной радиации при действительных условиях облачности, кВт·ч/м^2. Определяется в зависимости от ориентации светопрозрачной конструкции по своду правил (например, в соответствии с таблицей 7.2 (таблицей Г.10 Приложения Г [3])).

Таблица 7.1 - Приведенное сопротивление теплопередаче $\boldsymbol{R}_w^r$, коэффициент затенения непрозрачными элементами τ_F, коэффициент относительного проникания солнечной радиации k_F окон, балконных дверей и фонарей

Заполнение светового проема	Светопрозрачные конструкции					
	В деревянных и ПВХ-переплетах			В алюминиевых переплетах		
	$\boldsymbol{R}_w^r$, м$^2\cdot$°С/Вт	τ_F	k_F	$\boldsymbol{R}_w^r$, м$^2\cdot$°С/Вт	τ_F	k_F
Двойное остекление с твердым селективным покрытием (К-стекло) 4М$_1$+К4 в переплетах:						
- спаренных	0,55	0,75	0,76	0,44	0,70	0,76
- раздельных	0,57	0,65	0,76	0,45	0,60	0,76
Однокамерный стеклопакет СПО 4М$_1$-16-4И* в одинарном переплете из стекла с мягким селективным покрытием	0,56	0.80	0,51	0,47	0,80	0,51
Тройное остекление в раздельных и спаренных переплетах из стекла:						
- обычного 4М$_1$+4М$_1$+4М$_1$	0,55	0,50	0,74	0,46	0,50	0,74
- с твердым селективным покрытием (К-стекло) 4М$_1$+4М$_1$+К4	0,60	0,50	0,72	0,50	0,50	0,72
Двухкамерный стеклопакет (межстекольное расстояние 12 мм) в одинарном переплете из стекла:						
- обычного СПД 4М$_1$-12-4М$_1$-12-4М$_1$	0,54	0,80	0,74	0,45	0,80	0,74
- с твердым селективным покрытием (К-стекло) СПД 4М$_1$-12-4М$_1$-12-К4	0,58	0,80	0,72	0,52	0,80	0,72
- то же СПД 4М$_1$-12Ar-4М$_1$-12Ar-К4 (с заполнением аргоном)	0,65	0,80	0,72	0,55	0,80	0,72
- с мягким селективным покрытием (I-стекло*) СПД 4М$_1$-12-4М$_1$-12-И*4	0,68	0,80	0,50	0,55	0,80	0,50
- то же СПД 4М$_1$-12Ar-4М$_1$-12Ar- И*4 (с заполнением аргоном)	0,75	0,80	0,50	0,59	0,80	0,50
- с мягким селективным покрытием (I-стекло**) СПД 4М$_1$-12-4М$_1$-12-И**4	0,75	0,80	0,55	0,62	0,80	0,55
- то же СПД 4М$_1$-12Ar-	0,81	0,80	0,55	0,68	0,80	0,55

$4M_1$-12Ar- И**4 (с заполнением аргоном)	0,91	0,80	0,55	0,78	0,80	0,55
- то же СПД $4M_1$-12(Ar50%,Kr50%)-$4M_1$-12(Ar50%,Kr50%)- И**4 (с заполнением аргоном и криптоном пополам)	1,00	0,80	0,55	0,87	0,80	0,55
- то же СПД $4M_1$-12Kr-$4M_1$-12Kr- И**4 (с заполнением криптоном)						
Стекло и однокамерный стеклопакет (межстекольное расстояние 12 мм) в раздельных переплетах из стекла:						
- 4М1+СПО $4M_1$-12-$4M_1$	0,56	0,60	0,74	0,50	0,60	0,74
- с твердым селективным покрытием (К-стекло) 4М1+СПО $4M_1$-12-К4	0,65	0,60	0,72	0,56	0,60	0,72
- то же 4М1+СПО $4M_1$-12Ar-К4 (с заполнением аргоном)	0,69	0,60	0,72	0,60	0,60	0,72
- с мягким селективным покрытием (I-стекло*) 4М1+СПО $4M_1$-12-И*4	0,72	0,60	0,50	0,60	0,60	0,50
Обычное стекло и двухкамерный стеклопакет в раздельных переплетах из стекла:						
- обычного $4M_1$+СПД $4M_1$-10-$4M_1$-10-$4M_1$	0,65	0,60	0,60	0,59	0,60	0,60
- с твердым селективным покрытием (К-стекло) $4M_1$+СПД $4M_1$-10-$4M_1$-10-К4	0,72	0,60	0,56	0,63	0,60	0,56
- то же $4M_1$+СПД $4M_1$-10Ar-$4M_1$-10Ar-К4 (с заполнением аргоном)	0,80	0,60	0,56	0,73	0,60	0,56
- с мягким селективным покрытием (I-стекло*) $4M_1$+СПД $4M_1$-10-$4M_1$-10-И*	0,80	0,60	0,46	0,68	0,60	0,46
- с мягким селективным покрытием (I-стекло**) $4M_1$+СПД $4M_1$-10-$4M_1$-10-И**	0,87	0,60	0,40	0,75	0,60	0,40
- то же $4M_1$+СПД $4M_1$-10Ar-$4M_1$-10Ar- И** (с заполнением аргоном)	0,94	0,60	0,40	0,82	0,60	0,40
- то же $4M_1$+СПД $4M_1$-12(Ar50%,Kr50%)-$4M_1$-	1,03	0,60	0,40			

12(Ar50%,Kr50%)- И** (с заполнением аргоном и криптоном пополам) - то же $4М_1$+СПД $4М_1$-12Kr-$4М_1$-12Kr- И** (с заполнением криптоном)	1,12	0,60	0,40			
Два однокамерных стеклопакета из обычного стекла в переплетах: - спаренных СПО $4М_1$-16-$4М_1$+ СПО $4М_1$-16-$4М_1$ -раздельных СПО $4М_1$-16-$4М_1$+ СПО $4М_1$-16-$4М_1$	0,70 0,75	0,70 0,60	0,59 0,54	0,59 0,69	0,70 0,60	0,59 0,54
Четырехслойное остекление из обычного стекла в двух спаренных переплетах $4М_1$+$4М_1$+$4М_1$+$4М_1$	0.80	0,50	0,59	0,74	0,50	0,59
Дерево-алюминиевый профильс термовставкой и стеклопакетом с мягким селективным покрытием (I-стекло**) и с заполнением аргоном СПД $4М_1$-10Ar-$4М_1$-10Ar-4И**	1,15	0,80	0,55			

Примечания

1.Значения приведенного сопротивления теплопередаче, указанные в таблице, допускается применять в качестве расчетных при отсутствии этих значений в государственных стандартах или технических условиях на конструкции или не подтвержденных результатами испытаний.

2. К мягким селективным покрытиям стекла относят покрытия с тепловой эмиссией менее 0,15 (I-стекло* - не менее 0,1; I-стекло**- не менее 0,1). К твердым (К-стекло) - 0,15 и более.

3. Значения приведенного сопротивления теплопередаче заполнений световых проемов даны для случаев. Когда отношение площади остекления к площади заполнения светового проема равно 0,75; при этом относительная площадь остекления установлена по размерам наружной створки.

4. Значения для окон со стеклопакетами приведены:

- для деревянных окон при толщине переплета не менее 78 мм;
- для конструкций окон в ПВХ переплетах толщиной 60 мм с тремя воздушными камерами и с металлическим армирующим профилем внутри. При применении ПВХ-переплетов толщиной 70 мм и с пятью воздушными камерами приведенное сопротивление теплопередаче увеличивается на 0,03 $м^2 \cdot {}^oС/Вт$, за исключением окон с и с заполнением инертным газом, переплеты которых выполняются с пятью воздушными камерами;
- в случае алюминиевых окон для переплетов с термоизоляционными вставками

Таблица 7.2 - Интенсивность солнечной радиации I_F на горизонтальную и вертикальную поверхности при действительных условиях облачности, кВт·ч/м^{2,}

Месяц	Горизонтальная поверхность	Ориентация вертикальной поверхности на				
		С	СВ/СЗ	В/З	ЮВ/ЮЗ	Ю
I	19	8	8	11	20	25
II	38	14	14	22	38	46
III	78	28	28	45	63	71
IV	113	37	42	59	73	76
V	157	40	61	78	86	82
VI	173	42	68	86	89	81
VII	163	42	64	82	86	80
VIII	132	35	50	68	80	81
IX	82	24	30	45	61	67
X	40	13	14	22	35	41
XI	18	7	7	10	18	23
XII	11	5	5	6	11	13
За отопительный период	322	114	121	178	262	300

7.2 Расчет теплопоступлений в здание от солнечной радиации

Величины, определнные в п.7.1 позволяют рассчитать теплопоступления в здание от солнечной радиации за отопительный период Q_s, кВт·ч, по формуле

$$Q_{sol} = \sum_{i,j} \tau_{F,j,i} k_{F,j,i} A_{F,j,i} I_{F,j,i} \qquad (7.1)$$

В правой части формулы (7.1) суммирование производится по всем светопрозрачным элементам теплозащитной оболочки здания, величины в правой части формулы (7.1) определены в п.7.1.

8 Теплопотребление ГВС без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла

Рассчитываются основные характеристики теплопотребления ГВС в здании:

- мощность систем инженерного оборудования, требуемая на горячее водоснабжение, $Q_{hw}^{\max}$, кВт;
- среднечасовой за отопительный период расход тепловой энергии на горячее водоснабжение Q_{hw}, кВт;
- годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла Q_{hw}^{y}, кВт·ч;
- годовой удельный расход тепловой энергии на горячее водоснабжение без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла q_{hw}^{y}, кВт·ч/м^2;
- годовые тепловые потери от внутренних и/или внешних буферных накопительных баков $Q_{hw,st,ls}^{y}$, кВт·ч (в случае их наличия).

Расчет теплопотребления ГВС может потребовать предварительной разбивки здания на зоны. При отсутствии необходимости разбивки на зоны все здание рассматривается как одна зона, для которой производится расчет в соответствии с пп. 8.1. - 8.3.

8.1 Параметры расчета

Для расчета теплопотребления ГВС в здании необходимы значения следующих параметров:

z_{ht} - продолжительность отопительного периода, сут, задается в п.2.;

y_h - продолжительность периода ГВС, сут;

t_{hw} - температура горячей воды, °С;

t_c - температура холодной воды, °С;

t_{cs} - температура холодной воды в летний период, °С;

$A_h = A_h^1 + A_h^2$ - суммарная площадь квартир и полезной площади общественных помещений зданий, м^2; определяется в п.3.1.1;

$f_{hw,st,ls}$ - доля годовых тепловых потерь от внутренних и/или внешних буферных накопительных баков, $Q^y_{hw,st,ls}$, расходуемая на нагревание окружающего воздуха;

$f_{hw,p,ls}$ - доля годового количества потерь теплоты трубопроводами системы ГВГ, $Q^y_{hw,p,ls}$, расходуемая на нагревание окружающего воздуха.

Кроме того, для каждой зоны дополнительно задаются следующие параметры.

8.1.1 Параметры расчета для i-ой зоны

$A^{hw}_{h,i}$ - площадь квартир или полезной площади общественных помещений зданий, м^2; определяется в п.3.1.1;

$$\sum_i A^{hw}_{h,i} = A_h \qquad (8.1)$$

где $m_{k,i}$ - число жителей;

$V_{hw,i}$ - расход воды среднесуточный, м^3/сут;

$k_{h,i}$ - коэффициент часовой неравномерности водопотребления, определяется, определяется по числу жителей $m_{k,i}$ интерполяцией по таблице 8.1 (в соотвествии с Таблицей К.2 [3]);

$k_{hl,i}$ - коэффициент, учитывающий потери теплоты трубопроводами системы по таблице 8.2 (в соотвествии с таблицей К.1 [3]);

α_i - коэффициент, учитывающий снижение уровня водозабора в жилых зданиях в летний период, $\alpha_i \le 1$.

При задании среднего за отопительный период нормируемого расхода горячей воды $g^h{}_i$, л/сут, параметры $V_{hw,i}$ и $m_{k,i}$ связаны формулой

$$V_{hw} = g^{h} m_k 10^{-3}. \quad (8.2)$$

Таблица 8.1 - Значения коэффициента k_h часовой неравномерности водопотребления в зависимости от числа жителей m_k

m_k	k_h		m_k	k_h
150	5,15		1000	3,27
250	4,50		1500	3,09
350	4.10		2000	2,97
500	3,75		3000	2,85
700	3,50		5000	2,74

Таблица 8.2 - Значения коэффициента k_{hl}, учитывающего потери теплоты трубопроводами

Тип системы горячего водоснабжения	k_{hl}	
	При наличии сетей горячего водоснабжения после ЦТП	Без тепловых сетей горячего водоснабжения после ЦТП
С изолированными стояками без полотенцесушителей	0,15	0,10
То же с полотенцесушителями	0,25	0,20
С изолированными стояками и полотенцесушителями	0,35	0,30

8.1.2 Параметры расчета для k -ого буферного накопительного бака

При наличии в системе ГВС буферных накопительных баков задаются параметры, необходимые для расчета тепловых потерь для каждого из баков:

$t_{hw,st,k}$ – средняя за период горячего водоснабжения температура хранения горячей воды в k -ом буферном накопительном баке, °С;

$t_{hw,ext,k}$ – средняя за период горячего водоснабжения температура окружающей среды в месте нахождения k -ого буферного накопительного бака, °С;

$Q_{hw,st,stb,k}$ – тепловые потери за день k -ого буферного накопительного бака в условиях проведения испытаний, кВт·ч /сут;

$\Delta t_{hw,st,sby,k}$ – средняя разность температур вне и внутри k -ого буферного накопительного бака при проведении испытаний, °С.

8.2 Расчет теплопотребления ГВС для i -ой зоны

Рассчитываются основные характеристики теплопотребления ГВС для i -ой зоны:

- среднечасовой за отопительный период расход тепловой энергии на горячее водоснабжение для i -ой зоны $Q_{hw,i}$, кВт;

- мощность систем инженерного оборудования, требуемая на горячее водоснабжение для i-ой зоны, $Q_{hw,i}^{\max}$, кВт;
- годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение для i-ой зоны без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла $Q_{hw,i}^{y}$, МВт·ч;
- годовой удельный расход тепловой энергии на горячее водоснабжение для i-ой зоны без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла $q_{hw,i}^{y}$, кВт·ч/м^2;
- годовые тепловые потери от внутренних и/или внешних буферных накопительных баков $Q_{hw,st,ls,i}^{y}$, кВт·ч (в случае их наличия).

Среднечасовой за отопительный период расход тепловой энергии на горячее водоснабжение для i-ой зоны $Q_{hw,i}$, кВт, определяется по формуле величинами, заданными в п.8.1:

$$Q_{hw,i} = \frac{V_{hw,i}(t_{hw} - t_c)(1 + k_{hl,i})\frac{\rho_w c_w}{3.6}}{24}, \qquad (8.3)$$

где $\rho_w = 1\,\text{г/см}^3$ - плотность воды;

$c_w = 4.2\,\text{Дж/(кг·°C)}$ – удельная теплоемкость воды.

Мощность систем инженерного оборудования, требуемая на горячее водоснабжение для i-ой зоны, $Q_{hw,i}^{\max}$, кВт, определяется по формуле

$$Q_{hw,i}^{\max} = Q_{hw,i}\frac{k_{hl,i} + k_{h,i}}{1 + k_{hl,i}} \qquad (8.4)$$

коэффициенты в правой части формулы задаются в п.8.1.1.

При наличии в доме буферных накопительных баков дополнительно рассчитываются тепловые потери от каждого из накопительных баков, находящихся в i-ой зоне, $Q_{hw,st,ls,k,i}^{y}$, кВт·ч , по формуле (в соответствии со стандартом [4])

$$Q_{hw,st,ls,k,i}^{y} = \frac{\left(t_{hw,st,k} - t_{hw,ext,k}\right)}{\Delta t_{hw,st,sby,k}} Q_{hw,st,stb,k} y_h \qquad (8.5)$$

величины в правой части формулы задаются в п.8.1.

Годовые тепловые потери от всех буферных накопительных баков, находящихся в i-ой зоне, $Q_{hw,st,ls,i}^{y}$, кВт·ч определяется суммированием тепловых потерь от каждого из накопительных баков, находящихся в i-ой зоне, $Q_{hw,st,ls,k,i}^{y}$, кВт·ч

$$Q_{hw,st,ls,i}^{y} = \sum_k Q_{hw,st,ls,k,i}^{y}. \qquad (8.6)$$

Годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение для i-ой зоны без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла $Q^y_{hw,i}$, кВт·ч, определяется по формуле

$$Q^y_{hw,i} = \frac{24Q_{hw,i}}{1+k_{hl,i}}\left(y_h k_{hl,i} + z_{ht} + \alpha_i \frac{(y_h - z_{ht})(t_{hw} - t_{cs})}{t_{hw} - t_c} \right) + Q^y_{hw,st,ls,k,i} \quad (8.7)$$

величины в правой части формулы (8.7) задаются в п.8.1, а также рассчитываются в настоящем пункте.

Годовой удельный расход тепловой энергии на горячее водоснабжение без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла для i-ой зоны $q^y_{hw,i}$, кВт·ч/м^2, определяется по формуле

$$q^y_{hw,i} = \frac{Q^y_{hw,i}}{A^{hw}_{h,i}} \quad (8.8)$$

величины в правой части формулы рассчитываются выше в данном пункте, а также задаются в п.8.1.1.

Годовое количество потерь теплоты трубопроводами системы ГВГ для i-ой зоны, $Q^y_{hw,p,ls,i}$, кВт·ч, определяется по формуле

$$Q^y_{hw,p,ls,i} = \frac{24Q_{hw,i}}{1+k_{hl,i}} y_h k_{hl,i} \quad (8.9)$$

величины в правой части формулы (8.9) рассчитываются выше в данном пункте, а также задаются в п.8.1.

8.3 Расчет теплопотребления ГВС здания

Суммированием по зонам рассчитываются основные характеристики теплопотребления ГВС в здании без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла:

- среднечасовой за отопительный период расход тепловой энергии на горячее водоснабжение Q_{hw}, кВт;
- мощность систем инженерного оборудования, требуемая на горячее водоснабжение, $Q^{\max}_{hw}$, кВт;
- годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла Q^y_{hw}, кВт·ч;
- годовой удельный расход тепловой энергии на горячее водоснабжение без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла q^y_{hw}, кВт·ч/м^2;
- годовые тепловые потери от внутренних и/или внешних буферных накопительных баков $Q^y_{hw,st,ls}$, гВт·ч (в случае их наличия).

Среднечасовой за отопительный период расход тепловой энергии на горячее водоснабжение Q_{hw}, кВт, определяется суммированием по зонам среднечасового за отопительный период расхода тепловой энергии на горячее водоснабжение:

$$Q_{hw} = \sum_i Q_{hw,i} \tag{8.10}$$

величины в правой части формулы рассчитываются в п.8.2.

Мощность систем инженерного оборудования, требуемая на горячее водоснабжение, $Q_{hw}^{\max}$, кВт, определяется суммированием по зонам соответствующих мощностей систем инженерного оборудования, требуемых на горячее водоснабжение:

$$Q_{hw}^{\max} = \sum_i Q_{hw,i}^{\max} \tag{8.11}$$

величины в правой части формулы рассчитываются в п.8.2.

Годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение без учета рекуперации и утилизации Q_{hw}^{y}, кВт·ч, определяется суммированием по зонам соответствующих значений годового расхода тепловой энергии на горячее водоснабжение:

$$Q_{hw}^{y} = \sum_i Q_{hw,i}^{y} \tag{8.12}$$

величины в правой части формулы рассчитываются в п.8.2.

Годовой удельный расход тепловой энергии на горячее водоснабжение без учета рекуперации и утилизации q_{hw}^{y}, кВт·ч/м^2, определяется по формуле

$$q_{hw}^{y} = \frac{Q_{hw}^{y}}{A_h}, \tag{8.13}$$

где A_h - суммарная площадь квартир и полезной площади общественных помещений зданий, м^2; задается в п.8.1.

Годовые тепловые потери от всех буферных накопительных баков в здании, $Q_{hw,st,ls}^{y}$, МВт·ч определяется суммированием по зонам соответствующих значений тепловых потерь $Q_{hw,st,ls,k,i}^{y}$, кВт·ч

$$Q_{hw,st,ls}^{y} = \sum_i Q_{hw,st,ls,i}^{y} \tag{8.14}$$

величины в правой части формулы рассчитываются в п.8.2.

Годовое количество потерь теплоты трубопроводами системы ГВГ, $Q_{hw,p,ls}^{y}$, кВт·ч, рассчитывается суммированием по зонам годовых потерь теплоты трубопроводами системы ГВГ

$$Q_{hw,p,ls}^{y} = \sum_i Q_{hw,p,ls,i}^{y}, \tag{8.15}$$

где $Q^{y}_{hw,p,ls,i}$ - годовое количество потерь теплоты трубопроводами системы ГВГ для i-ой зоны, кВт·ч, определяемое (8.9) п. 8.2

8.4 Теплопоступления в здание от системы ГВС (возвратные тепловые потери от системы ГВС)

Часть тепловой энергии Q^{y}_{hw}, расходуемой на ГВС, а также тепловых потерь от буферных накопительных баков $Q^{y}_{hw,st,ls}$ и трубопроводов системы ГВС $Q^{y}_{hw,p,ls}$, приводит к нагреву окружающей среды и может быть учтена как теплопоступления от системы ГВС.

Годовые возвратные тепловые потери от системы ГВС (теплопоступления от системы ГВС) в здании, $Q^{y}_{hw,st,ls,rbl}$, кВт·ч кВт·ч, определяются в соответствии с [4] по формуле

$$Q^{y}_{hw,st,ls,rbl} = Q^{y}_{hw,p,ls} f_{hw,p,ls} + Q^{y}_{hw,st,ls} f_{hw,st,ls} \ , \qquad (8.16)$$

Теплопоступления от системы ГВС в здание за отопительный период $Q^{y}_{hw,rbl}$, кВт·ч, рассчитываются по формуле

$$Q^{y}_{hw,rbl} = Q^{y}_{hw,st,ls,rbl} \frac{z_{ht}}{y_h} \qquad (8.17)$$

где z_{ht} - продолжительности отопительного периода, сут (определяется в п.2);

y_h - продолжительность периода ГВС, сут (задается в п. 8.1).

9 Расход тепловой энергии на отопление здания без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла

Производится расчет:

- расхода тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла Q^{y}_{h}, кВт·ч;
- удельного расхода тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла q^{des}_{h}, кВт·ч /м^2.

9.1 Параметры расчета

Для расчета данных характеристик необходимо задание следующих параметров:

Q^{y}_{tr} - теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции, КВт.ч; задается непосредственно или рассчитывается в п.4;

Q_{inf}^{y} - теплопотери здания за счет вентиляционного воздухообмена с учетом инфильтрации, кВт·ч, задается непосредственно или рассчитывается в п.6;

Q_{int}^{y} - **б**ытовые теплопоступления в здание за отопительных период**,** кВт·ч, задается непосредственно или рассчитывается в п.7;

Q_s - теплопоступления в здание от солнечной радиации; задается непосредственно или рассчитывается в п.8;

$Q_{hw,rbl}^{y}$ - теплопоступления в здание от системы ГВС за отопительный период; задается непосредственно или рассчитывается по формуле (8.17) п.8.4;

ς - коэффициент эффективности авторегулирования отопления, определяется согласно таблице 9.1 (в соответствии с приложением Г [1]));

ξ - коэффициент, учитывающий снижение теплопотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление, принимается до получения статистических данных фактического снижения ξ =0,1;

ν - коэффициент учитывающий снижение использования теплопоступлений в период превышения их над теплопотерями, определяется по формуле

$$\nu = 0.7 + 0.000025(D_d - 1000) \qquad (9.1)$$

где D_d - градусо-сутки отопительного периода, °С·сут, определяемые формулой (2.1) в п.2.;

β_h — коэффициент учета дополнительных теплопотерь системы отопления согалсно таблице 9.2. (в соответствии с приложением Г [1]).

Таблица 9.1 - Значения коэффициента эффективности авторегулирования отопления

ς	Тип системы отопления
1,0	Однотрубная система с термостатами и с пофасадным авторегулированием на вводе или поквартирной горизонтальной разводкой
0,95	Двухтрубная система отопления с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе
0,9	Однотрубная система 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	Однотрубная система отопления с термостатами и без авторегулирования на вводе
0,7	Система без термостатов и с центральным авторегулированием на вводе с коррекцией по температуре внутреннего воздуха
0,5	Система без термостатов и без авторегулирования на вводе — регулирование центральное в ЦТП или котельной

Таблица 9.2 - Значения коэффициента учета дополнительных теплопотерь системы отопления

β_h	Тип здания
1,13	Многосекционные и другие протяженные здания
1,11	Здания башенного типа
1,07	Здания с отапливаемыми подвалами или чердаками
1,05	Здания с отапливаемыми подвалами и чердаками, а также с квартирными генераторами теплоты

9.2 Расчет расхода тепловой энергии на отопление здания без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла

Величины, определенные в п.9.1, позволяют рассчитать:

- расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода Q_h^y, кВт·ч;
- удельный расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода q_h^{des}, кВт·ч /м^2.

Расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла Q_h^y, кВт·ч, рассчитывается по формуле

$$Q_h^y = \left(Q_{tr}^y + Q_{\inf}^y - \left(Q_{\inf}^y + Q_{sol} + Q_{hw,rbl}^y\right)\nu\varsigma\right)(1-\xi)\beta_h \qquad (9.2)$$

Величины в правой части (9.2) задаются в п. 9.1.

Удельный расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла q_h^{des}, кВт·ч /м^2 определяется по формуле

$$q_h^{des} = Q_h^y / A_h \qquad (9.3)$$

где $A_h = A_h^1 + A_h^2$ - суммарная площадь квартир и полезной площади общественных помещений зданий, м^2; определяется в п.3.1.1.

10 Дополнительные источники тепла

К дополнительным источникам тепла могут быть отнесены теплонасосные системы теплоснабжения, использующие нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Дополнительные источники тепла, позволяют использовать источники низкопотенциальной тепловой энергии для покрытия части затрат тепловой энергии на:

- производство бытовой горячей воды;
- отопление, в том числе подогрев приточного вентиляционного воздуха.

Рассчитываются:

- тепловые затраты на горячее водоснабжение в течение года, покрываемые за счет дополнительных источников тепла, $Q_{hw,gen,pm}^y$, кВт·ч;

- тепловые затраты на отопление в течение года, покрываемые за счет дополнительных источников тепла, $Q^{y}_{h,gen,pm}$, кВт·ч.

10.1 Задаваемые параметры

Q^{y}_{hw} - годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение без учета рекуперации и утилизации, кВт·ч определяется формулами (8.7), (8.12) в пп.8.2, 8.3;

$f_{hw,pm}$ - доля годового расхода тепловой энергии на горячее водоснабжение без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла Q^{y}_{hw}, покрываемая дополнительными источниками тепла;

Q^{y}_{h} - годовой расход тепловой энергии на отопление без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла, кВт·ч, определяется формулой (9.2) в п. 9.2;

$f_{h,pm}$ - доля годового расхода тепловой энергии на отопление без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла Q^{y}_{h}, покрываемая дополнительными источниками тепла.

10. 2 Затраты на горячее водоснабжение

Годовое количество тепловой энергии, используемой на горячее водоснабжение и покрываемой за счет дополнительных источников тепла, $Q^{y}_{hw,gen,pm}$, кВт·ч, определяется по формуле

$$Q^{y}_{hw,gen,pm} = Q^{y}_{hw} f_{hw,pm}, \qquad (10.1)$$

величины в правой части формулы задаются в п.10.1.

10. 3 Затраты на отопление

Годовое количество тепловой энергии, используемой на отопление и покрываемой за счет дополнительных источников тепла, $Q^{y}_{h,gen,pm}$, кВт·ч, определяется по формуле

$$Q^{y}_{h,gen,pm} = Q^{y}_{h} f_{h,pm} \qquad (10.2)$$

величины в правой части формулы задаются в п.10.1.

11 Вспомогательная энергия

Требуется для осуществления работы:

- механического побуждения вытяжной вентиляции, необходимой для систем рекуперации/утилизации теплоты вытяжного воздуха;
- работы циркуляционных насосов и прочих дополнительных устройств систем отопления и ГВС, необходимой для функционирования системы отопления и ГВС, особенно в случае наличия внутренних и/или внешних буферных накопительных баков,

системы утилизации канализационных стоков, а также при наличии системы дополнительных источников энергии;

- вспомогательных компонентов дополнительных источников тепла.

Рассчитываются:

- годовое количество вспомогательной энергии, необходимой для работы механического побуждения вытяжной вентиляции, $W^{y}_{vent,gen,aux}$, кВт·ч;
- годовое количество вспомогательной энергии, необходимой для работы циркуляционных насосов и прочих дополнительных устройств системы отопления, $W^{y}_{h,cpm,gen,aux}$, кВт·ч;
- годовое количество вспомогательной энергии, необходимой для работы циркуляционных насосов и прочих дополнительных устройств системы ГВС, $W^{y}_{hw,cpm,gen,aux}$, кВт·ч;
- годовое количество вспомогательной энергии, необходимой для работы компонентов дополнительных источников тепла, $W^{y}_{pm,gen,aux}$, кВт·ч;
- годовая возвратная часть вспомогательной энергии, $Q^{y}_{gen,aux,rbl}$, кВт·ч.

11.1 Задаваемые параметры

$P_{vent,gen,aux,k}$ - мощность k-ого устройства механической вентиляции, кВт;

$t_{vent,k}$ - продолжительность работы k-ого устройства механической вентиляции в течение года, ч;

$P_{h,cpm,gen,aux,k}$ - мощность k-ого циркуляционного насоса или иного дополнительного устройства системы отопления, кВт;

$t_{h,cpm,k}$ - продолжительность работы k-ого циркуляционного насоса или иного дополнительного устройства системы отопления в течение года, ч;

$P_{hw,cpm,gen,aux,k}$ - мощность k-ого циркуляционного насоса или иного дополнительного устройства системы ГВС, кВт;

$t_{hw,cpm,k}$ - продолжительность работы k-ого циркуляционного насоса или иного дополнительного устройства системы ГВС в течение года, ч;

$P_{pm,gen,aux,k}$ - мощность k-ого компонента, кВт;

$t_{pm,k}$ - продолжительность работы k-ого компонента в течение года, ч;

$f_{vent,gen,aux,k}$ - доля годового количества вспомогательной энергии, затрачиваемой на k-ое устройство механической вентиляции, $W^{y}_{vent,gen,aux}$, расходуемая на нагревание окружающего воздуха;

$f_{h,cpm,gen,aux,k}$ - доля годового количества вспомогательной энергии, затрачиваемой на работу k-ого циркуляционного насоса или иного дополнительного устройства системы отопления, $W^{y}_{h,cpm,gen,aux}$, расходуемой на нагревание окружающего воздуха;

$f_{hw,cpm,gen,aux,k}$ - доля годового количества вспомогательной энергии, затрачиваемой на работу k-ого циркуляционного насоса или иного дополнительного устройства системы ГВС, $W^{y}_{hw,cpm,gen,aux}$, расходуемой на нагревание окружающего воздуха;

$f_{pm,gen,aux,k}$ - доля годового количества вспомогательной энергии, затрачиваемой на работу k-ого компонента дополнительных источников тепла $W^{y}_{pm,gen,aux}$, расходуемой на нагревание окружающего воздуха.

11.2 Вспомогательная энергия, необходимая для работы механического побуждения вытяжной вентиляции

Годовое количество вспомогательной энергии, необходимой для работы механического побуждения вытяжной вентиляции, $W^{y}_{vent,gen,aux}$, кВт·ч, определяется суммированием вспомогательной энергии $W^{y}_{vent,gen,aux,k}$, кВт·ч, по всем устройствам механической вентиляции

$$W^{y}_{vent,gen,aux} = \sum_{k} W^{y}_{vent,gen,aux,k} = \sum_{k} P_{vent,gen,aux,k} t_{v,k} \quad (11.1)$$

величины в правой части формулы задаются в п.11.1.

11.3 Вспомогательная энергия, необходимая для работы циркуляционных насосов и прочих дополнительных устройств системы отопления

Годовое количество вспомогательной энергии, необходимой для работы циркуляционных насосов, $W^{y}_{h,cpm,gen,aux}$, кВт·ч, определяется суммированием вспомогательной энергии $W^{y}_{h,cpm,gen,aux,k}$, кВт·ч, по всем циркуляционным насосам в здании

$$W^{y}_{h,cpm,gen,aux} = \sum_{k} W^{y}_{h,cpm,gen,aux,k} = \sum_{k} P_{h,cpm,gen,aux,k} t_{h,cpm,k} \quad (11.2)$$

величины в правой части формулы задаются в п.11.1.

11.4 Вспомогательная энергия, необходимая для работы циркуляционных насосов и прочих дополнительных устройств системы ГВС

Годовое количество вспомогательной энергии, необходимой для работы циркуляционных насосов, $W^{y}_{hw,cpm,gen,aux}$, кВт·ч, определяется суммированием вспомогательной энергии $W^{y}_{hw,cpm,gen,aux,k}$, кВт·ч, по всем циркуляционным насосам в здании

$$W^{y}_{hw,cpm,gen,aux} = \sum_{k} W^{y}_{hw,cpm,gen,aux,k} = \sum_{k} P_{hw,cpm,gen,aux,k} t_{hw,cpm,k} \quad (11.3)$$

величины в правой части формулы задаются в п.11.1.

11.5 Вспомогательная энергия, необходимая для работы компонентов дополнительных источников тепла

Годовое количество вспомогательной энергии, необходимой для работы компонентов дополнительных источников тепла, $W^{y}_{pm,gen,aux}$, кВт·ч, определяется суммированием вспомогательной энергии $W^{y}_{pm,gen,aux,k}$, кВт·ч, по всем компонентам

$$W^{y}_{pm,gen,aux} = \sum_{k} W^{y}_{pm,gen,aux,k} = \sum_{k} P_{pm,gen,aux,k} t_{pm,k} \qquad (11.4)$$

величины в правой части формулы задаются в п.11.1.

11.6 Возвратная часть вспомогательной энергии

Часть вспомогательной энергии приводит к нагреву окружающей среды и может быть учтена как теплопоступления от вспомогательной энергии.

Годовая возвратная часть вспомогательной энергии, $Q^{y}_{gen,aux,rbl}$, кВт·ч, определяется в (соответствии со стандартом EN 15316-3-3-2007) по формуле

$$Q^{y}_{gen,aux,rbl} = \sum_{k} W^{y}_{vent,gen,aux,k} f_{vent,gen,aux,k} + \sum_{k} W^{y}_{h,cpm,gen,aux,k} f_{h,cpm,gen,aux,k} + \\ + \sum_{k} W^{y}_{hw,cpm,gen,aux,k} f_{hw,cpm,gen,aux,k} + \sum_{k} W^{y}_{pm,gen,aux,k} f_{pm,gen,aux,k} \qquad (11.5)$$

величины в правой части формулы задаются в п.11.1 и рассчитываются в п.11.2-11.4.

12 Рекуперация и утилизация

Системы рекуперации и утилизации обеспечивают экономию тепловой энергии в холодный период года за счет охлаждения удаляемого из здания вытяжного воздуха и канализационных стоков ГВС с использованием извлеченной теплоты для:

- предварительного нагрева подаваемого в здание приточного наружного воздуха;
- предварительного нагрева холодной воды для нужд ГВС;
- функционирования дополнительных источников тепла.

Рассчитываются:

- годовое количество тепловой энергии, затрачиваемое на нагрев приточного воздуха в результате рекуперации вытяжного воздуха, $Q^{y}_{vent,rec}$, кВт·ч;
- годовое количество тепловой энергии, получаемое в результате утилизации вытяжного воздуха, $Q^{y}_{vent,ut}$, кВт·ч, в том числе ее доли, затрачиваемой на предварительный подогрев холодной воды $Q^{y}_{vent,ut,hw}$, кВт·ч, и на нужды дополнительных источников энергии $Q^{y}_{vent,ut,pm,i}$, кВт·ч;
- годовое количество тепловой энергии, затрачиваемое на предварительный нагрев холодной воды в результате рекуперации канализационных стоков ГВС, $Q^{y}_{hw,rec}$, кВт·ч;

- годовое количество тепловой энергии, получаемое в результате утилизации сточных вод, $Q^{y}_{hw,ut}$, кВт·ч, в том числе ее доли, затрачиваемой на предварительный подогрев приточного воздуха $Q^{y}_{hw,ut,vent}$, кВт·ч, и на нужды дополнительных источников энергии $Q^{y}_{hw,ut,pm,i}$, кВт·ч.

12.1 Рекуперация и утилизация вытяжного воздуха

12.1.1 Задаваемые параметры

Q^{y}_{inf} - теплопотери здания за счет вентиляционного воздухообмена с учетом инфильтрации, кВт·ч, рассчитывается по формулам (5.19) или (5.20) в п.5.4.

k_{eff} - коэффициент эффективности рекуператора, учитывающий влияние встречного теплового потока, передаваемого от вытяжного воздуха приточному воздуху, принимается по паспортным данным на теплоутилизатор или по таблице 12.1;

$k_{vent,ut}$ - коэффициент эффективности утилизатора вытяжного воздуха;

$f_{vent,ut,hw}$ - доля тепловой энергии, получаемой в результате утилизации вытяжного воздуха, которая тратится на предварительный подогрев холодной воды;

$f_{vent,ut,pm,i}$ - доля тепловой энергии, получаемой в результате утилизации вытяжного воздуха, которая тратится на нужды i-ого дополнительного источника тепла;

причем должно быть выполнено неравенство

$$f_{vent,ut,hw} + \sum_{i} f_{vent,ut,pm,i} \le 1 \qquad (12.1)$$

Таблица 12.1 - Типы и эффективность теплоутилизаторов вытяжного воздуха

k_{eff}	Тип утилизатора
0,8	Роторный с аккумулирующей насадкой
0,8	Пластинчатый противоточный
0,6	Пластинчатый перекрестно-точный
0,45	С промежуточным теплоносителем

12.1.2 Рекуперация вытяжного воздуха

Системы рекуперации вытяжного воздуха используют тепло удаляемого из здания вытяжного воздуха для предварительного нагрева подаваемого в здание приточного наружного воздуха.

Годовое количество тепловой энергии, затрачиваемое на нагрев приточного воздуха в результате рекуперации вытяжного воздуха, $Q^{y}_{vent,rec}$, кВт·ч , рассчитывается по формуле

$$Q^{y}_{vent,rec} = Q^{y}_{\text{inf}} k_{eff}\,, \qquad (12.2)$$

величины в правой части формулы (12.2) задаются в п.12.1.1.

12.1.3 Утилизация вытяжного воздуха

Системы утилизации вытяжного воздуха используют тепло удаляемого из здания вытяжного воздуха для предварительного нагрева подаваемого в здание холодной воды, а также для нужд дополнительных источников тепла.

Годовое количество тепловой энергии, получаемое в результате утилизации вытяжного воздуха, $Q^y_{vent,ut}$, кВт·ч, рассчитывается по формуле

$$Q^y_{vent,ut} = Q^y_{\inf} k_{vent,ut} \qquad (12.3)$$

величины в правой части формулы (12.3) задаются в п.12.1.1.

Годовое количество тепловой энергии, получаемой в результате утилизации вытяжного воздуха, $Q^y_{vent,ut,hw}$, кВт·ч, и используемой для подогрева холодной воды, рассчитывается по формуле

$$Q^y_{vent,ut,hw} = Q^y_{vent,ut} f_{vent,ut,hw} \qquad (12.4)$$

коэффициент в правой части формулы (12.4) задается в п.12.1.1.

Годовое количества тепловой энергии, получаемой в результате утилизации вытяжного воздуха, $Q^y_{vent,ut,pm,i}$, кВт·ч, и используемой для нужд i-ого дополнительного источника тепла, рассчитывается по формуле

$$Q^y_{vent,ut,pm,i} = Q^y_{vent,ut} f_{vent,ut,pm,i} \qquad (12.5)$$

коэффициент в правой части формулы (12.5) задается в п.12.1.1.

12.2 Рекуперация и утилизация канализационных стоков ГВС

12.2.1 Задаваемые параметры

Q^y_{hw} - годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла, кВт·ч, определяется формулами (8.7), (8.12) в пп.8.2, 8.3.

$k_{hw,rec}$ - коэффициент эффективности рекуператора канализационных стоков ГВС;

$k_{hw,ut}$ - коэффициент эффективности утилизатора сточных вод;

$f_{hw,ut,vent}$ - доля тепловой энергии, получаемой в результате утилизации сточных вод, которая тратится на предварительный подогрев приточного воздуха;

$f_{hw,ut,pm,i}$ - доля тепловой энергии, получаемой в результате утилизации сточных вод, которая тратится на нужды i-ого дополнительного источника тепла,

причем должно быть выполнено неравенство

$$f_{hw,ut,vent} + \sum_i f_{hw,ut,pm,i} \le 1 \qquad (12.6)$$

12.2.2 Рекуперация канализационных стоков ГВС

Системы рекуперации канализационных стоков ГВС используют тепло удаляемых из здания сточных вод для предварительного нагрева подаваемой в здание холодной воды.

Годовое количество тепловой энергии, затрачиваемое на предварительный нагрев холодной воды в результате рекуперации канализационных стоков ГВС, $Q^y_{hw,rec}$, кВт·ч, рассчитывается по формуле

$$Q^y_{hw,rec} = Q^y_{hw} k_{hw,rec} \quad (12.7)$$

величины в правой части формулы (12.7) задаются в п.12.2.1.

12.2.3 Утилизация канализационных стоков ГВС

Системы утилизации канализационных стоков ГВС используют тепло удаляемых из здания сточных вод для предварительного нагрева подаваемого в здание приточного воздуха, а также для нужд дополнительных источников тепла.

Годовое количество тепловой энергии, получаемое в результате утилизации сточных вод, $Q^y_{hw,ut}$, кВт·ч, рассчитывается по формуле

$$Q^y_{hw,ut} = Q^y_{hw} k_{hw,ut} \quad (12.8)$$

величины в правой части формулы задаются в п.12.2.1.

Годовое количество тепловой энергии, получаемой в результате утилизации сточных вод, $Q^y_{hw,ut,vent}$, кВт·ч, и используемой для подогрева приточного воздуха, рассчитывается по формуле

$$Q^y_{hw,ut,vent} = Q^y_{hw,ut} f_{hw,ut,vent} \quad (12.9)$$

коэффициент в правой части формулы (12.9) задается в п.12.2.1.

Годовое количество тепловой энергии, получаемой в результате утилизации сточных вод, $Q^y_{hw,ut,pm,i}$, кВт·ч, и используемой для нужд i-ого дополнительного источника тепла, рассчитывается по формуле

$$Q^y_{hw,ut,pm,i} = Q^y_{hw,ut} f_{hw,ut,pm,i} \quad (12.10)$$

коэффициент в правой части формулы (12.10) задается в п.12.2.1.

13 Расход тепловой энергии на ГВС с учетом рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла

Производится расчет:

- годового расхода тепловой энергии на горячее водоснабжение с учетом рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла $Q^y_{hw,tot}$, кВт·ч;
- годового удельного расхода тепловой энергии на горячее водоснабжение с учетом рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла $q^y_{hw,tot}$, кВт·ч/м.

13.1 Задаваемые параметры

Q_{hw}^{y} - годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла, кВт·ч, определяется формулами (8.7), (8.12) в пп.8.2, 8.3.

$Q_{hw,rec}^{y}$ - годовое количество тепловой энергии, затрачиваемое на предварительный нагрев холодной воды в результате рекуперации канализационных стоков ГВС. Рассчитывается по формуле (12.7) п.12.2.2;

$Q_{vent,ut,hw}^{y}$ - годовое количество тепловой энергии, получаемое в результате утилизации вытяжного воздуха, кВт·ч, рассчитывается по формуле (12.4) п.12.1.3;

$Q_{hw,gen,pm}^{y}$ - доля годового количества тепловой энергии, вырабатываемой дополнительными источниками тепла и используемой на предварительный подогрев холодной, кВт·ч, рассчитывается в п.10.2;

$W_{hw,cpm,gen,aux}^{y}$ - годовое количество вспомогательной энергии, необходимой для работы циркуляционных насосов и прочих дополнительных устройств системы ГВС, рассчитывается в п.11.4;

$A_h = A_h^1 + A_h^2$ - суммарная площадь квартир и полезной площади общественных помещений зданий, м^2, определяется в п.3.1.1.

13.2 Годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение с учетом рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла

Годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение с учетом рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла $Q_{hw,tot}^{y}$, кВт·ч, может быть определен по формуле

$$Q_{hw,tot}^{y} = Q_{hw}^{y} - Q_{hw,rec}^{y} - Q_{vent,ut,hw}^{y} - Q_{hw,gen,pm}^{y} + W_{hw,cpm,gen,aux}^{y} \qquad (13.1)$$

величины в правой части формулы задаются в п.13.1.

13.3 Удельный годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение с учетом рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла

Годовой удельный расход тепловой энергии на горячее водоснабжение с учетом рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла $q_{hw,tot}^{y}$, кВт·ч/м^2, определяется по формуле

$$q_{hw,tot}^{y} = \frac{Q_{hw,tot}^{y}}{A_h} \qquad (13.2)$$

величины в правой части формулы рассчитываются в п.13.2 и задаются в п.13.1.

14 Расход тепловой энергии на отопление с учетом рекуперации, утилизации, возвратной части вспомогательной энергии и дополнительных источников тепла

Производится расчет:

- расхода тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода с учетом рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла $Q^{y}_{h,tot}$, кВт·ч;
- удельного расхода тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода с учетом рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла $q^{des}_{h,tot}$, кВт·ч /м^2.

14.1 Задаваемые параметры

Q^{y}_{h} - расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода без учета рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла, кВт·ч, рассчитывается по формуле (9.2) (п.9.2);

$Q^{y}_{h,gen,pm}$ - годовое количество тепловой энергии, вырабатываемой дополнительными источниками тепла и используемой на отопление, кВт·ч, рассчитывается в п.10.3.

$Q^{y}_{vent,rec}$ - годовое количество тепловой энергии, затрачиваемое на нагрев приточного воздуха в результате рекуперации вытяжного воздуха, кВт·ч, определяется формулой (12.2) п. 12.1.2;

$Q^{y}_{hw,ut,vent}$ - годовое количество тепловой энергии, получаемой в результате утилизации сточных вод и используемой на предварительный подогрев приточного воздуха, кВт·ч, определяется по формуле (12.9) п. 12.2.3;

$Q^{y}_{gen,aux,rbl}$ - годовая возвратная часть вспомогательной энергии, кВт·ч, рассчитывается в п. 11.5;

$W^{y}_{h,cpm,gen,aux}$ - годовое количество вспомогательной энергии, необходимой для работы циркуляционных насосов и прочих дополнительных устройств системы отопления, рассчитывается в п.11.3;

$A_h = A^1_h + A^2_h$ - суммарная площадь квартир и полезной площади общественных помещений зданий, м^2; определяется в п.3.1.1;

ξ - коэффициента, учитывающего снижение теплопотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление, определяется в п.9.1;

β_h - коэффициента учета дополнительных теплопотерь системы отопления, определяется в п.9.1.

14.2 Расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода с учетом рекуперации, утилизации, возвратной части вспомогательной энергии и дополнительных источников тепла

Расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода с учетом рекуперации, утилизации, возвратной части вспомогательной энергии и дополнительных источников тепла $Q^{y}_{h,tot}$, кВт·ч, рассчитывается по формуле

$$Q^{y}_{h,tot} = Q^{y}_{h} - (Q^{y}_{vent,rec} + Q^{y}_{hw,ut,vent})(1-\xi)\beta_{h} - Q^{y}_{h,gen,pm} - Q^{y}_{gen,aux,rbl} + W^{y}_{h,cpm,gen,aux} \quad (14.1)$$

величины в правой части формулы задаются в п.14.1.

14.3 Удельный расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода с учетом рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла

Удельный расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода с учетом рекуперации, утилизации и дополнительных источников тепла $q^{des}_{h,tot}$, кВт·ч /м^2, определяется по формуле

$$q^{des}_{h,tot} = \frac{Q^{y}_{h,tot}}{A_{h}} \quad (14.2)$$

величины в правой части формулы рассчитываются в п.14.3 и задаются в п.14.1.

15 Потребляемая электрическая энергия

Потребляемая электрическая энергия в здании расходуется на:

- работу лифтового оборудования;
- освещение помещений общего назначения;
- работу вспомогательного оборудования;
- работу теплонасосных систем утилизации вытяжного воздуха;
- работу теплонасосных систем утилизации сточных вод;
- работу дополнительных источников тепла.

Рассчитываются:

- годовые затраты электрической энергии, необходимой для обеспечения работы лифтового оборудования, E^{y}_{lift}, кВт·ч;
- годовые затраты электрической энергии, необходимой для освещения помещений общего назначения, E^{y}_{lum}, кВт·ч;
- годовые затраты электрической энергии, необходимой для работы вспомогательного оборудования $E^{y}_{gen,aux}$, кВт·ч;
- годовое количество электрической энергии, необходимой для работы теплонасосных систем утилизации вытяжного воздуха в здании, $E^{y}_{vent,ut}$, кВт·ч;
- годовое количество электрической энергии, необходимой для работы теплонасосных систем утилизации сточных вод в здании, $E^{y}_{hw,ut}$, кВт·ч;

- годовое количество электрической энергии для покрытия установленных тепловых затрат на отопление и горячее водоснабжение в случае использования теплонасосных систем с электрическим приводом $E_{hp,in}$, кВт·ч;
- суммарные годовые затраты электрической энергии E_{tot}^{y}, кВт·ч.

15.1 Электрическая энергия, необходимая для обеспечения работы лифтового оборудования

Годовые затраты электрической энергии, необходимой для обеспечения работы лифтового оборудования, E_{lift}^{y}, кВт·ч., определяются суммированием годовых затрат электрической энергии, $E_{lift,i}^{y}$ $E_{lift,i}$, кВт·ч, по всем лифтовым установкам

$$E_{lift}^{y} = \sum_{i} E_{lift,i}^{y} \tag{15.1}$$

где годовые затраты электрической энергии, $E_{lift,i}$, кВт·ч, для i-ой лифтовой установки определяется по формуле

$$E_{lift,i}^{y} = P_{lift,i} t_{lift,i} \tag{15.2}$$

где $P_{lift,i}$ - мощность i-ой лифтовой установки, кВт;

$t_{lift,i}$ - суммарное время работы i-ой лифтовой установки в течение года, ч.

15.2 Электрическая энергия, необходимая для освещения помещений общего назначения

Годовые затраты электрической энергии, необходимой для освещения помещений общего назначения, E_{lum}^{y}, кВт·ч, определяются суммированием годовых затрат электрической энергии, $E_{lum,i}^{y}$, кВт·ч, по всем осветительным приборам

$$E_{lum}^{y} = \sum_{i} n_{lum,i} E_{lum,i}^{y} \tag{15.3}$$

с учетом числа $n_{lum,i}$ осветительных приборов i-ого типа, где годовые затраты электрической энергии, $E_{lum,i}^{y}$, кВт·ч, для осветительного прибора i-ого типа определяется по формуле

$$E_{lum,i}^{y} = P_{lum,i} t_{lum,i} \tag{15.4}$$

где $P_{lum,i}$ - мощность осветительного прибора i-ого типа, кВТ;

$t_{lum,i}$ - суммарное время работы осветительного прибора i-ого типа в течение года, ч.

15.3 Электрическая энергия, необходимая для работы вспомогательного оборудования

Годовые затраты электрической энергии, необходимой для работы вспомогательного оборудования $E_{gen,aux}^{y}$, кВт·ч, при условии электрического привода для всех компонентов вспомогательного оборудования определяется формулой

$$E^{y}_{gen,aux} = W^{y}_{vent,gen,aux} + W^{y}_{h,cpm,gen,aux} + W^{y}_{hw,cpm,gen,aux} + W^{y}_{pm,gen,aux} \quad (15.5)$$

где $W^{y}_{vent,gen,aux}$ - годовое количество вспомогательной энергии, необходимой для работы механического побуждения вытяжной вентиляции, кВт·ч, рассчитывается в п.11.2.

$W^{y}_{h,cpm,gen,aux}$ - годовое количество вспомогательной энергии, необходимой для работы циркуляционных насосов и прочих дополнительных устройств системы отопления, кВт·ч, рассчитывается в п.11.3;

$W^{y}_{hw,cpm,gen,aux}$ - годовое количество вспомогательной энергии, необходимой для работы циркуляционных насосов и прочих дополнительных устройств системы ГВС, кВт·ч, рассчитывается в п.11.4;

$W^{y}_{pm,gen,aux}$ - годовое количество вспомогательной энергии, необходимой для работы компонентов дополнительных источников тепла, кВт·ч , рассчитывается в п.11.5.

15.4 Электрическая энергия, необходимая для работы теплонасосных систем утилизации вытяжного воздуха

Годовое количество электрической энергии, необходимой для работы теплонасосных систем утилизации вытяжного воздуха в здании, $E^{y}_{vent,ut}$, кВт·ч, определяется суммированием по всем теплонасосным системам утилизации вытяжного воздуха

$$E^{y}_{vent,ut} = \sum_{i} E^{y}_{vent,ut,i} \quad (15.6)$$

где годовое количество электрической энергии, необходимой для работы i-ой теплонасосной системы утилизации вытяжного воздуха, $E^{y}_{vent,ut,i}$, кВт·ч, определяется по формуле

$$E^{y}_{vent,ut,i} = \frac{Q^{y}_{vent,ut,i}}{COP_{vent,ut,i}} \quad (15.7)$$

где $COP_{vent,ut,i}$ - коэффициент трансформации i-ой теплонасосной системы утилизации вытяжного воздуха, рассчитывается в соответствии с [6, Приложение 6];

$Q^{y}_{vent,ut,i}$ - годовое количество тепловой энергии, $Q^{y}_{vent,ut}$, получаемое в результате работы теплонасосной системы утилизации вытяжного воздуха, кВт·ч, рассчитывается по формуле

$$Q^{y}_{vent,ut,i} = Q^{y}_{vent,ut} f_{vent,ut,i} \quad (15.8)$$

где $f_{vent,ut,i}$ - доля годового количества тепловой энергии, $Q^{y}_{vent,ut}$, получаемой в результате работы i-ой теплонасосной системы утилизации вытяжного воздуха.

15.5 Электрическая энергия, необходимая для работы теплонасосных систем утилизации сточных вод

Годовое количество электрической энергии, необходимой для работы теплонасосных систем утилизации сточных вод в здании, $E^{y}_{hw,ut}$, кВт·ч, определяется суммированием по всем теплонасосным системам утилизации вытяжного воздуха

$$E^{y}_{hw,ut} = \sum_{i} E^{y}_{hw,ut,i} \qquad (15.9)$$

где годовое количество электрической энергии, необходимой для работы i-ой теплонасосной системы утилизации сточных вод, $E^{y}_{vent,ut,i}$, кВт·ч, определяется по формуле

$$E^{y}_{hw,ut,i} = \frac{Q^{y}_{hw,ut,i}}{COP_{hw,ut,i}} \qquad (5.10)$$

где $COP_{hw,ut,i}$ - коэффициент трансформации i-ой теплонасосной системы утилизации сточных вод, рассчитывается в соответствии с [6, Приложение 6];

$Q^{y}_{hw,ut,i}$ - годовое количество тепловой энергии, получаемой в результате работы i-ой теплонасосной системы утилизации сточных вод, кВт·ч, рассчитывается по формуле

$$Q^{y}_{hw,ut,i} = Q^{y}_{hw,ut} f_{hw,ut,i}, \qquad (15.11)$$

где $Q_{vent,ut}$ - годовое количество тепловой энергии, получаемое в результате утилизации вытяжного воздуха, $Q^{y}_{vent,ut}$, кВт·ч, рассичтывается по формуле (12.3) п. 12.1.3;

$f_{hw,ut,i}$ - доля годового количество тепловой энергии $Q^{y}_{hw,ut}$, получаемая в результате работы i-ой теплонасосной системы утилизации вытяжного воздуха.

15.6 Электрическая энергия, необходимая для работы дополнительных источников тепла

В случае использования теплонасосных систем с электрическим приводом необходимое количество электрической энергии для покрытия установленных тепловых затрат на отопление и горячее водоснабжение определяется [5,6] суммированием количества электрической энергии, расходуемой каждым из тепловых насосов:

- в режиме отопления;
- в режиме ГВС;
- и комбинированном режиме.

15.6.1 Количество электроэнергии, расходуемой тепловыми насосами в режиме отопления

Количество электрической энергии $E_{H,hp,in,k}$, кВт·ч, расходуемой k-ым тепловым насосом в режиме отопления, может быть вычислено путем суммирования подводимого электричества для соответствующих шагов согласно формуле

$$E_{H,hp,in,k} = \sum_{j=1}^{N_{bins}} \frac{Q_{H,hp,sngl,j,k}}{COP_{H,sngl,j,k}} + \sum_{j=1}^{N_{bins}} \frac{Q_{H,hp,combi,j,k}}{COP_{H,combi,j,k}} \quad (15.12)$$

где $Q_{H,hp,sngl,j,k}$ - выработанная k-ым тепловым насосом энергия в режиме отопления на шаге j, кВт·ч;

$Q_{H,hp,combi,j,k}$ - выработанная k-ым тепловым насосом энергия для отопления при параллельной работе на шаге j, кВт·ч;

$COP_{H,sngl,j,k}$ - коэффициент функционирования k-ого теплового насоса только в режиме отопления на определенной рабочей точке (шаг j), берется в качестве коэффициента полезного действия k-ого теплового насоса для шага целиком, кВт·ч, рассчитывается в соответствии с [6, Приложение 6];

$COP_{H,combi,j,k}$ - коэффициент функционирования k-ого теплового насоса в режиме отопления помещений при параллельном действии в рабочей точке шага j; берется в качестве коэффициента полезного действия k-ого теплового насоса для целого шага , рассчитывается в соответствии с [6, Приложение 6];

N_{bins} - количество шагов

Значения $Q_{H,hp,sngl,j,k}$ и $Q_{H,hp,combi,j,k}$ удовлетворяют соотношению

$$\sum_{k} \sum_{j=1}^{N_{bins}} (Q_{H,hp,sngl,j,k} + Q_{H,hp,combi,j,k}) = Q^{y}_{h,gen,pm} \quad (15.13)$$

где $Q^{y}_{h,gen,pm}$ - годовое количество тепловой энергии, используемой на отопление и покрываемой за счет дополнительных источников тепла, кВт·ч, рассчитывается по формуле (10.2) п. 10.3.

Количество электрической энергии $E_{H,hp,in}$, кВт·ч, расходуемой всеми тепловыми насосами в режиме отопления, может быть вычислено путем суммирования подводимого электричества $E_{H,hp,in,k}$, кВт·ч, для соответствующих тепловых насосов согласно формуле

$$E_{H,hp,in} = \sum_{k} E_{H,hp,in,k} . \quad (15.14)$$

15.6.2 Количество электроэнергии, расходуемой тепловыми насосами в режиме ГВС

Количество электрической энергии $E_{W,hp,in,k}$, кВт·ч, подводимой к k-ому тепловому насосу для получения бытовой горячей воды, может быть рассчитано по формуле

$$E_{W,hp,in,k} = \sum_{j=1}^{N_{bins}} \frac{Q_{W,gen,out,sngl,j,k}}{COP_{W,sngl,j,k}} + P_{es,sngl,k} t_{W,sngl,tot,k} + \sum_{j=1}^{N_{bins}} \frac{Q_{W,gen,out,combi,j,k}}{COP_{W,combi,j,k}} + P_{es,combi,k} t_{W,combi,tot,k} \quad (15.15)$$

где $Q_{W,gen,out,sngl,j,k}$ - -тепловая энергетическая потребность подсистемы распределения ГВС на шаге j, которую k-ой тепловой насос покрывает только при работе в режиме ГВС, кВт·ч;

$Q_{W,gen,out,combi,j,k}$ - тепловая энергетическая потребность подсистемы распределения ГВС на шаге j, которую k-ой тепловой насос покрывает в режиме параллельного действия, кВт·ч;

$COP_{W,sngl,j,k}$ - коэффициент функционирования k-ого теплового насоса в режиме приготовления бытовой горячей воды на шаге j только в режиме ГВС согласно EN 255-3, который берется в качестве КПД для целого шага, кВт·ч, рассчитывается в соответствии с [6, Приложение 6];

$COP_{W,combi,j,k}$ - -коэффициент функционирования k-ого теплового насоса для приготовления бытовой горячей воды шага j при параллельном действии; берется в качестве коэффициента полезного действия для целого шага, кВт·ч, рассчитывается в соответствии с [6, Приложение 6];

$P_{es,sngl,k}$ - подводимая электрическая мощность к k-ому тепловому насосу, чтобы покрыть тепловые потери хранения согласно EN 255-3 при работе только для горячего водоснабжения;

$P_{es,combi,k}$ - подводимая электрическая мощность к k-ому тепловому насосу, чтобы покрыть тепловые потери хранения согласно EN 255-3 при параллельной работе (отопление + горячее водоснабжение);

$t_{W,sngl,tot,k}$ - общее время периода вычислений при работе k-ого теплового насоса только для ГВС;

$t_{W,combi,tot,k}$ общее время периода вычислений при параллельной работе k-ого теплового насоса (отопление и ГВС);

N_{bins} - количество шагов.

Значения $Q_{W,gen,out,sngl,j,k}$ и $Q_{W,gen,out,combi,j,k}$ удовлетворяют соотношению

$$\sum_{k} \sum_{j=1}^{N_{bins}} (Q_{W,gen,out,sngl,j,k} + Q_{W,gen,out,combi,j,k}) = Q_{hw,gen,pm}^{y} \quad (15.16)$$

где $Q_{hw,gen,pm}^{y}$ - годовое количество тепловой энергии, используемой на горячее водоснабжение и покрываемой за счет дополнительных источников тепла, кВт·ч, рассчитывается по формуле (10.1) п. 10.2.

Количество электрической энергии $E_{W,hp,in}$, кВт·ч, расходуемой всеми тепловыми насосами в режиме отопления, может быть вычислено путем суммирования подводимого электричества $E_{W,hp,in,k}$, кВт·ч, для соответствующих тепловых насосов согласно формуле

$$E_{W,hp,in} = \sum_{k} E_{W,hp,in,k} . \quad (15.17)$$

15.6.3 Суммарное количество электроэнергии, расходуемой тепловыми насосами в режиме ГВС и отопления

Необходимое количество электрической энергии для покрытия установленных тепловых затрат на отопление и горячее водоснабжение в случае использования теплонасосных систем с электрическим приводом $E_{hp,in}$, кВт·ч, определяется суммированием

$$E_{hp,in} = E_{H,hp,in} + E_{W,hp,in}, \quad (15.18)$$

где $E_{H,hp,in}$ --количество электроэнергии, подводимое к тепловому насосу в режиме отопления, кВт·ч, рассчитывается в п.15.6.1;

$E_{W,hp,in}$ - количество электроэнергии, подводимое к тепловому насосу в режиме ГВС, кВт·ч, рассчитывается в п.15.6.2;

15.7 Суммарные годовые затраты электрической энергии

Суммарные годовые затраты электрической энергии E_{tot}^{y}, кВт·ч, рассчитываются суммированием всех годовых затрат годовых затрат, рассчитанных в пп. 13.1-13.6

$$E_{tot}^{y} = E_{lift}^{y} + E_{lum}^{y} + E_{gen,aux}^{y} + E_{vent,ut}^{y} + E_{hw,ut}^{y} + E_{hp,in}. \quad (15.19)$$

Библиография

1 СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий

2 СНиП 23-01-99 Строительная климатология

3 Руководство по составлению энергетического паспорта АВОК, 2010

4 EN 15316-3-3:2007 Системы отопления в зданиях. Метод расчета требований энергетических систем и эффективности систем. Часть 3-3. Бытовые системы горячего водоснабжения, производство

5 Руководство по проектированию систем утилизации теплоты вытяжного воздуха в жилых и общественных зданиях (нормы и правила).- М., 2010

6 Технологический регламент проектирования и монтажа гибридных теплонасосных систем теплохладоснабжения многоэтажных зданий в условиях плотной городской застройки. - М., ГИК «ИНСОЛАР», 2010

7 EN 15316-4-2:2008 Системы отопления в зданиях. Метод расчета энергетической потребности системы и эффективности системы. Часть 4-2. Системы отопления помещений, насосные отопительные системы

8 EN 255-3:1997 Кондиционеры, блоки жидкостного охлаждения и тепловые насосы с электроприводными компрессорами. Режим нагрева. Часть 3. Испытания и требования к маркировке санитарно-технического оборудования горячего водоснабжения