

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗДАНИЙ. ПАРАМЕТРЫ МИКРОКЛИМАТА ИСКУССТВЕННОЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА	8
1.1. Параметры климата района строительства	8
1.2. Параметры микроклимата помещения	11
1.3. Определение теплотехнических параметров наружных ограждений зданий	12
1.4. Определение нагрузок на системы создания микроклимата реконструируемых зданий.....	13
1.5. Определение класса энергосбережения жилых и общественных зданий.....	14
2. СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ В ОРГАНИЗАЦИИ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ	20
2.1. Общие сведения о системе отопления	20
2.2. Определение тепловой мощности системы отопления.....	23
2.3. Реконструкция системы водяного отопления	24
2.4. Общие сведения о системе вентиляции	25
2.5. Определение воздухообмена помещений	28
2.6. Реконструкция системы вентиляции	29
3. СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ	31
3.1. Схемы теплоснабжения потребителей	31
3.2. Присоединение абонентов к тепловым сетям	31
3.3. Определение потребности здания в тепловой энергии	34
3.4. Реконструкция системы теплоснабжения	35
4. СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ВОДОСНАБЖЕНИИ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ	37
4.1. Схемы водоснабжения и водоотведения потребителей	37
4.2. Определение расчётных расходов воды зданием.....	41
4.3. Современные решения систем водоснабжения в реконструируемых зданиях	42
Библиографический список	44
Приложение 1. Теплотехнические параметры наружных ограждений.....	45
Приложение 2. Определение тепловой нагрузки на системы отопления и вентиляции жилого дома.....	47

ВВЕДЕНИЕ

Потребление тепловой энергии зданиями можно разделить на 4 группы: отопление, вентиляция, приготовление воды на нужды горячего водоснабжения (далее — ГВС) и на технологические нужды.

Назначение и состав инженерных систем зданий формируется из потребностей людей в организации комфортных условий пребывания внутри помещений или в соответствии с технологическим процессом. На рисунке 1 приведена графическая иллюстрация типового набора таких систем на примере жилого здания.

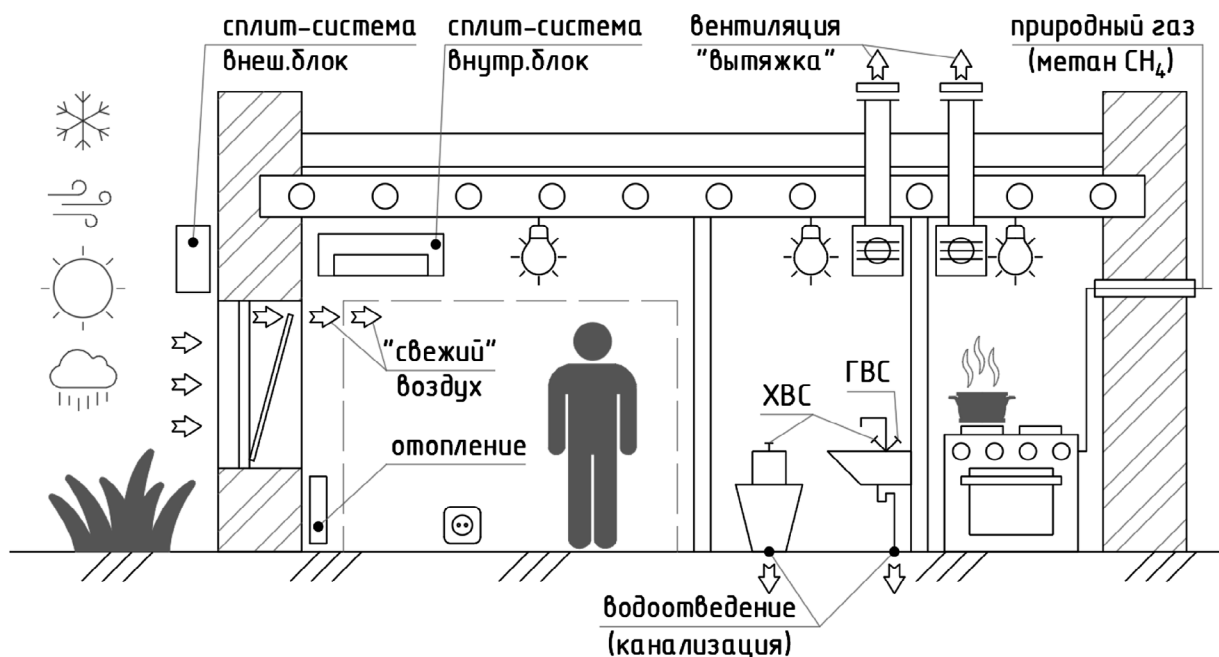


Рис. 1. Инженерные системы здания

Основными параметрами комфортного пребывания в помещении являются: температура воздуха; относительная влажность воздуха; подвижность воздуха; температура поверхностей, обращенных внутрь помещения. Требуемые значения данных параметров приведены в ГОСТ 30494–2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях (с Поправкой)».

В соответствии с обеспечением потребностей внутренних инженерных систем здания и в зависимости от степени централизации или децентрализации той или иной системы развитие получают наружные инженерные сети и системы. На рисунке 2 показана принципиальная схема наружных инженерных систем населенных пунктов. На рисунке 2 приняты следующие обозначения: ХВС — холодное водоснабжение; ГВС — горячее водоснабжение; ЦГВС — циркуляция горячего водоснабжения; ВОС — водопроводные очистные сооружения; КОС — канализационные очистные сооружения; ЛОС — ливневые очистные сооружения; ГРС — газораспределительная станция; ГРП — газорегуляторный пункт; ЦТП — центральный тепловой пункт; ИТП — индивидуальный тепловой пункт; ТЭЦ — теплоэлектроцентраль; ТП — трансформаторная подстанция.

Помещения зданий с постоянным или временным пребыванием людей при эксплуатации требуют сопровождения инженерными системами. Системы отопления и вентиляции можно представить в виде схемы, приведенной на рисунке 3.

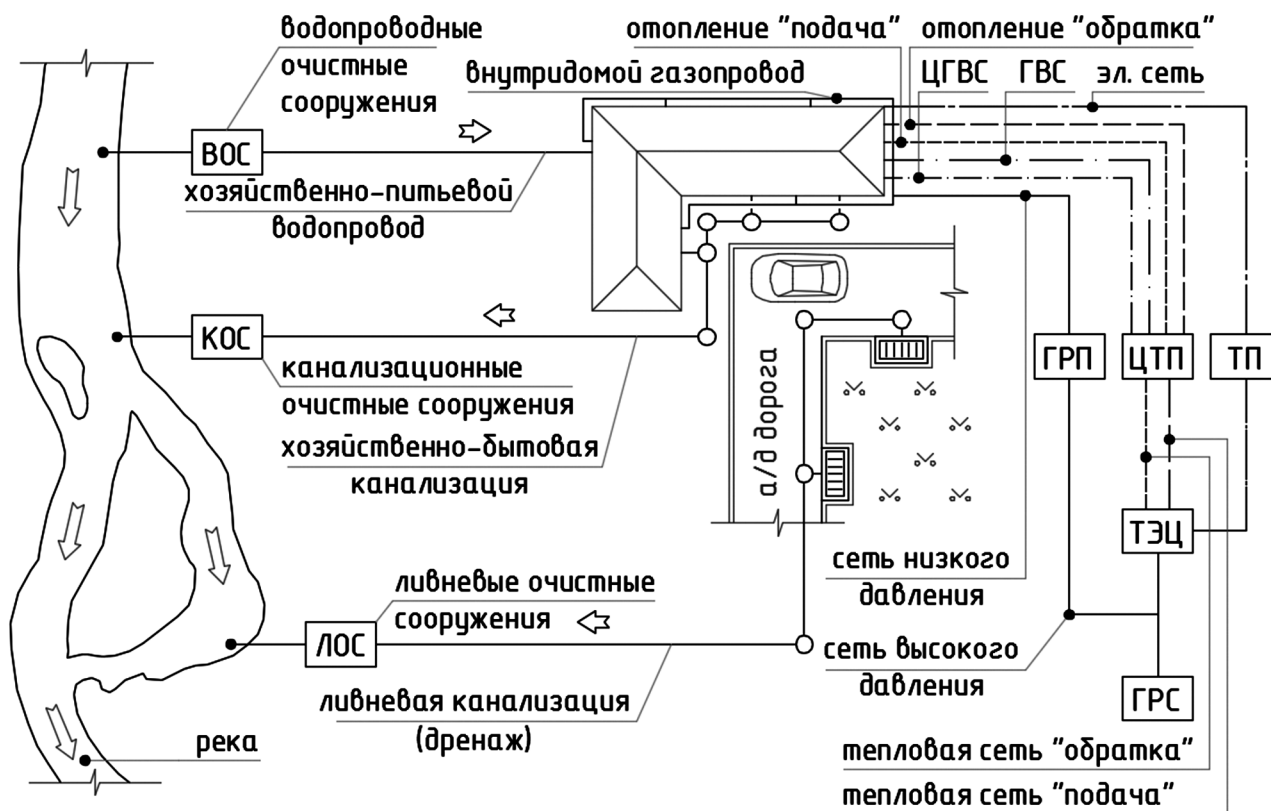


Рис. 2. Наружные распределительные системы населенного пункта

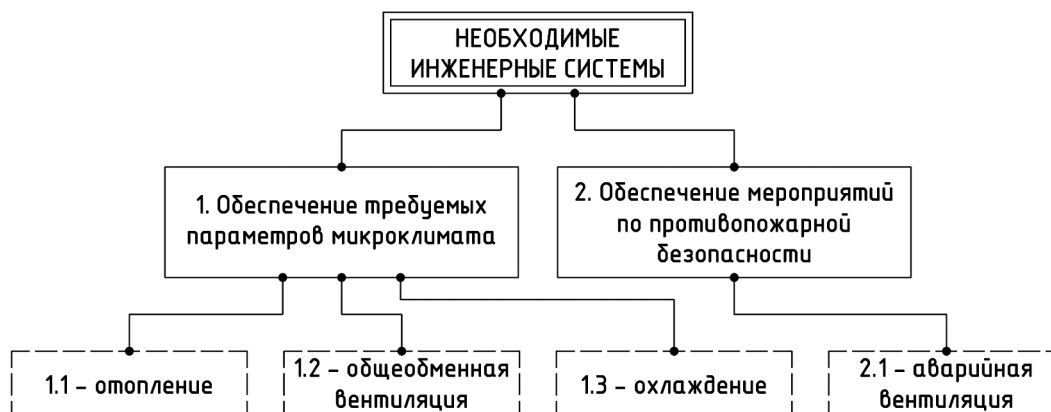


Рис. 3. Инженерные системы зданий

Далее в предлагаемом учебно-методическом пособии рассматриваются следующие вопросы:

- энергоэффективность зданий; параметры микроклимата искусственной среды обитания человека;
- современные решения в организации отопления и вентиляции реконструируемых зданий;
- современные решения при теплоснабжении реконструируемых зданий;
- современные решения при водоснабжении реконструируемых зданий;
- критерии экономической оценки принимаемых инженерных решений.

В методологических целях освоения дисциплины все примеры рассмотрим на одном здании со следующими параметрами (рис. 4 и 5).

Обратим внимание на то, что рисунки 4 и 5 выполнены в масштабе и из них можно получить все необходимые размеры.

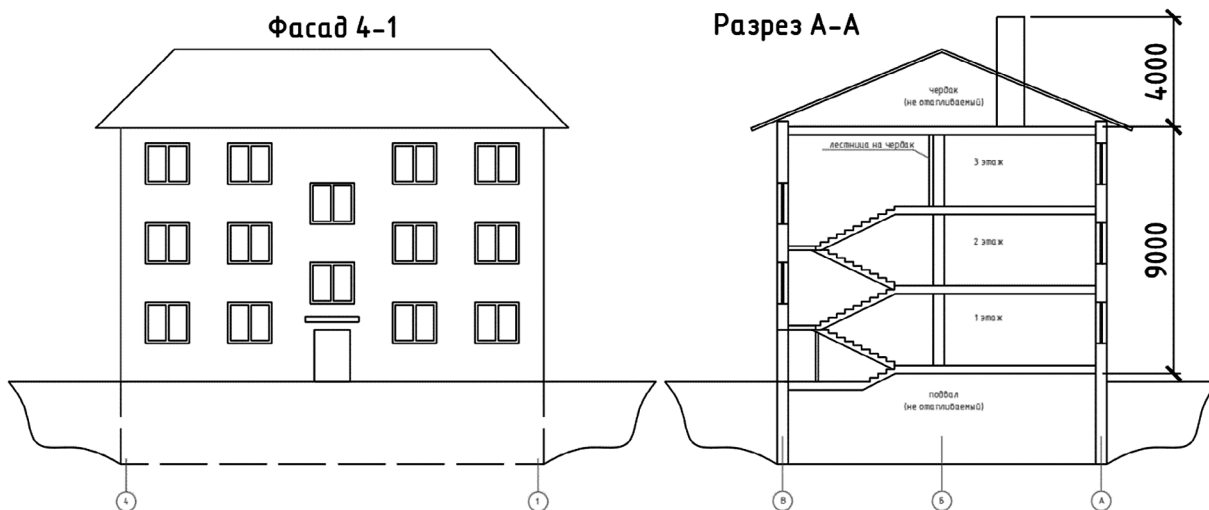


Рис. 4. Фасад и разрез по зданию

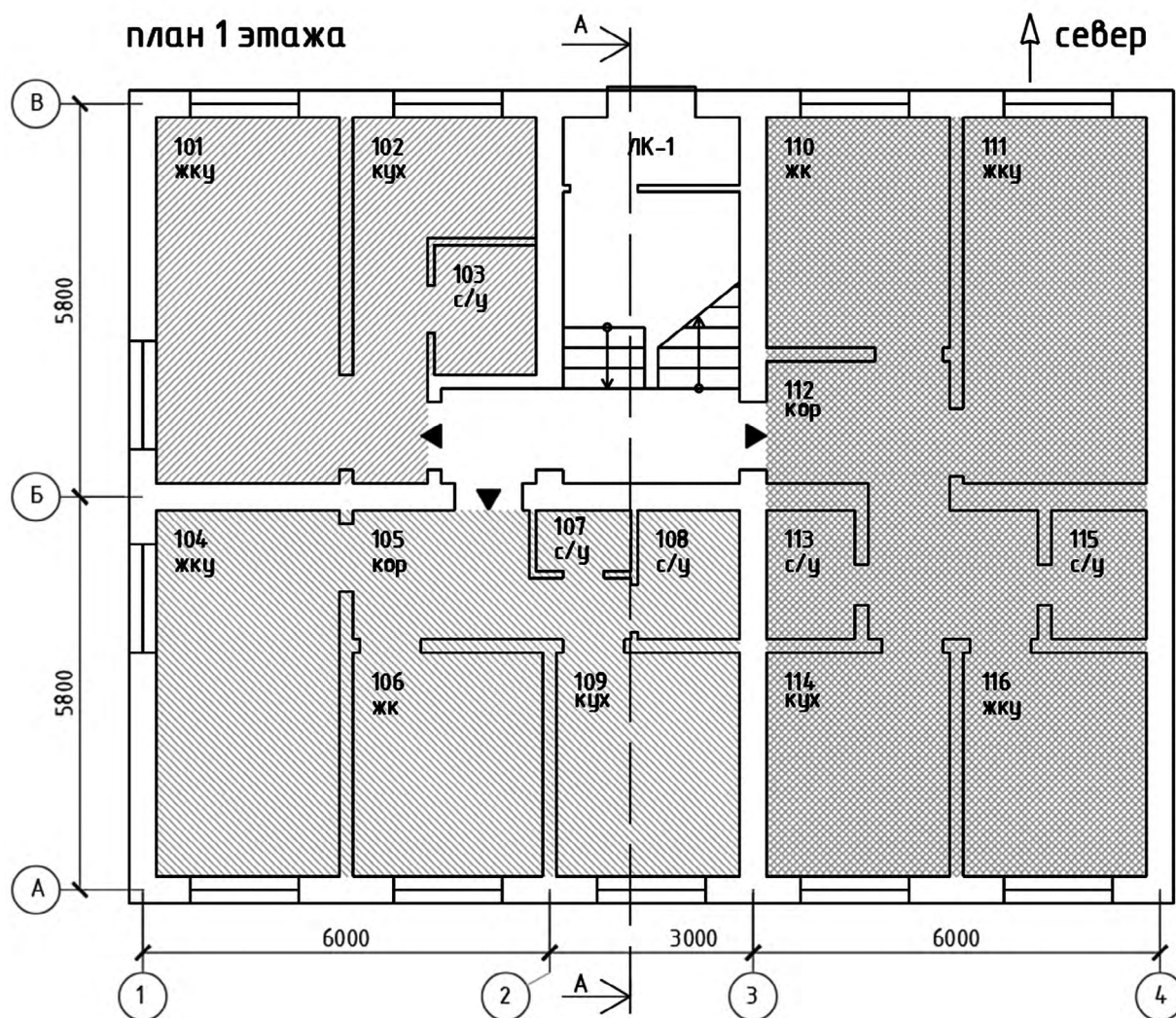


Рис. 5. План 1 этажа

Здание располагается в городе Нижневартовске Тюменской области. Ориентация фасадов по сторонам горизонта в соответствии с рисунком 5. В здании неотапливаемый подвал, вход в который осуществляется с улицы, и неотапливаемый чердак.

1. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗДАНИЙ. ПАРАМЕТРЫ МИКРОКЛИМАТА ИСКУССТВЕННОЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

1.1. Параметры климата района строительства

Параметры, характеризующие наружную среду, следующие: температуры воздуха (t_n , °С), грунта ($t_{гр}$, °С) и небосвода ($t_{неб}$, °С), направление и скорость ветра (v , м/с), удельный тепловой поток от прямой (S) и рассеянной (D) солнечной радиации, Вт/м², парциальное давление водяного пара ($P_{вп}$), Па.

Климатические данные заданного района строительства необходимо определять по СП 131.13330.2012 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменениями № 1, 2)» [1] с учётом последней редакции 13 декабря 2017.

Климатические периоды можно разделить на тёплый (ТП), переходный (ПП) и холодный период (ХП).

Интересующими нас параметрами наружного климата являются:

1. Температуры, °С.

1.1. Средняя температура наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92.

1.2. Средняя температура наиболее холодных суток с обеспеченностью 0,98 и 0,92.

1.3. Средняя за сутки температура наружного воздуха, определяющая начало и конец отопительного периода (в зависимости от функционального назначения здания), принимается в соответствии с п. 5.2 СП 50.13330.2012 [2] для лечебно-профилактических, детских дошкольных учреждений и домов-интернатов для престарелых равной + 10 °С, для всех остальных зданий + 8 °С.

1.4. Средняя температура отопительного периода.

1.5. Средняя месячная (по месяцам) температура наружного воздуха и года.

1.6. Расчетная температура наружного воздуха для теплого периода года: по параметрам А и по параметрам Б.

2. Расчётные скорости ветра, м/с.

2.1. По таблице 1 расчетная скорость ветра для холодного периода года как максимальная из средних скоростей по румбам за январь, повторяемость которой не ниже 16 %.

2.2. Средняя скорость ветра за период со средней суточной температурой воздуха + 8 °С.

2.3. Расчетная скорость ветра для теплого периода года.

А также для проектирования инженерных сетей потребуются:

3. Продолжительность отопительного периода, сут.

4. Зона влажности района строительства, определяемая по приложению В «Карта зон влажности» [2].

5. Средняя упругость водяного пара в наружном воздухе по месяцам, Па.

6. Удельная энтальпия воздуха для теплого периода года, кДж/кг: по параметрам А и по параметрам Б.

7. Барометрическое давление, гПа.

Ориентироваться в данных, приведенных в «Строительной климатологии», необходимо используя вспомогательную таблицу 10.1. «Климатические параметры для проектирования отопления, вентиляции и кондиционирования» [1].

Также при проведении расчётов для наружного (а также и внутреннего) воздуха необходимо вычислить и ряд недостающих параметров. Определить их можно из Id -диаграммы влажного воздуха или по аналитическим зависимостям, приведённым ниже.

Плотность (ρ):

$$\rho = \frac{353}{t + 273,15}, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \quad (1.1)$$

где t — температура воздуха по сухому термометру, °С.

Удельный вес (γ):

$$\gamma = 9,81 \cdot \rho, \text{ Н/м}^3. \quad (1.2)$$

Парциальное давление водяного пара при полном насыщении, ($P_{\text{нас}}$):

$$P_{\text{нас}} = A \cdot e^{-\left(\frac{C}{t+273,15}\right)}, \text{ Па}, \quad (1.3)$$

где при $t > 0$ — $A = 1,8424 \cdot 10^{11}$ Па; $C = 5331$ К; при $t < 0$ — $A = 2,498 \cdot 10^{11}$ Па; $C = 5419$ К.

Парциальное давление водяного пара ($P_{\text{вп}}$):

$$P_{\text{вп}} = P_{\text{нас}} \cdot \frac{\varphi}{100}, \text{ Па}, \quad (1.4)$$

где φ — относительная влажность, %.

При известных $P_{\text{вп}}$ и $P_{\text{нас}}$ возможно получить значение относительной влажности, выразив её из уравнения 1.4 следующим образом: $\varphi = \frac{P_{\text{вп}}}{P_{\text{нас}}} \cdot 100, \%$.

Влагосодержание (d):

$$d = 630 \cdot \frac{P_{\text{вп}}}{B}, \frac{\text{г}}{\text{кг}}, \quad (1.5)$$

где B — барометрическое давление, Па.

Энтальпия (I):

$$I = 1,005 \cdot t + 2,49 \cdot d, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}. \quad (1.6)$$

Температура точки росы (t_p):

$$t_p = \frac{C}{D - \ln(P_{\text{вп}})} - 273,15, \text{ }^\circ\text{С}, \quad (1.7)$$

где при $t > 0$ — $D = 25,94$; $C = 5331$ К; при $t < 0$ — $D = 26,24$; $C = 5419$ К.

Температура мокрого термометра (t_m):

при $t > 0$: $t_m = 4,47\sqrt{I} - 13,83, \text{ }^\circ\text{С}; \quad (1.8)$

при $t < 0$: $t_m = 0,82 \cdot I - 5,54, \text{ }^\circ\text{С}.$

Порядок определения недостающих параметров влажного воздуха зависит от исходных данных. При использовании *Id*-диаграммы достаточно знать 2 любых параметра влажного воздуха. При расчёте по аналитическим зависимостям существует 2 алгоритма расчёта недостающих параметров влажного воздуха. Приведём их на рисунке 1.1.



Рис. 1.1. Алгоритм расчёта параметров влажного воздуха

Пример 1.1. Для условий нашего расчётного примера, приведенного во введении, определим основные климатологические параметры.

Обратим внимание на тот факт, что города Нижневартовска в СП 131 нет. Поэтому воспользуемся пунктом 2.1 [1], в соответствии с которым «в случае отсутствия в таблицах данных для района строительства значения климатических параметров следует принимать равными значениям климатических параметров ближайшего к нему пункта, приведенного в таблице и расположенного в местности с аналогичными условиями». В нашем случае это город Сургут.

Расчёты произведём по зависимостям (1.1)–(1.8) и результат сведём в таблицу 1.1, жирным шрифтом выделены данные из СП 131.

Таблица 1.1

Расчетные характеристики воздуха для проектирования инженерных систем обеспечения микроклимата

Параметры наружного воздуха	ТП		ПП	ХП	
	«А»	«Б»	«А»	«А»	«Б»
$t_{н}, ^\circ\text{C}$	20	24	10	–27	–43
$I_{н}, \text{кДж/кг}$	49	53	26,5	–26,3	–43,0
$d_{н}, \text{г/кг}$	11,61	11,60	6,61	0,34	0,07
$\varphi_{н}, \%$	79,4	62,1	85,9	78	78
$t_{м}, ^\circ\text{C}$	17,46	18,71	9,18	–27,1	–40,8
$t_{р}, ^\circ\text{C}$	16,32	16,31	7,73	–29,7	–45,4
$P_{вп}, \text{Па}$	1 852	1 850	1 054	53,5	11,6
$P_{нас}, \text{Па}$	2 332	2 978	1 227	68,64	14,86
$\rho_{н}, \text{кг/м}^3$	1,204	1,188	1,247	1,434	1,534
$\gamma_{н}, \text{Н/м}^3$	11,81	11,65	12,23	14,06	15,04

Барометрическое давление: 1005 гПа.

Расчётная скорость ветра: в ХП — 5,3 м/с; в ТП — 4,5 м/с.

1.2. Параметры микроклимата помещения

Параметрами, характеризующими микроклимат помещения, являются: температура воздуха по сухому термометру, результирующая температура, относительная влажность, подвижность воздуха в помещении, парциальное давление водяного пара. Численные значения этих параметров для обслуживаемой зоны помещения и качества воздуха в помещениях жилых (в том числе общежитий), детских дошкольных учреждений, общественных, административных помещений устанавливает ГОСТ 30494–2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях (Переиздание с Поправкой)» [3]. Требования разделены на оптимальные и допустимые показатели.

Основными понятиями при этом являются следующие.

Обслуживаемая зона помещения (зона обитания) — «пространство в помещении, ограниченное плоскостями, параллельными полу и стенам: на высоте 0,1 и 2,0 м над уровнем пола — для людей стоящих илидвигающихся, на высоте 1,5 м над уровнем пола — для сидящих людей (но не ближе чем 1 м от потолка при потолочном отоплении), и на расстоянии 0,5 м от внутренних поверхностей наружных и внутренних стен, окон и отопительных приборов» [3]. Графическая интерпретация данного определения приведена на рисунке 1.2.

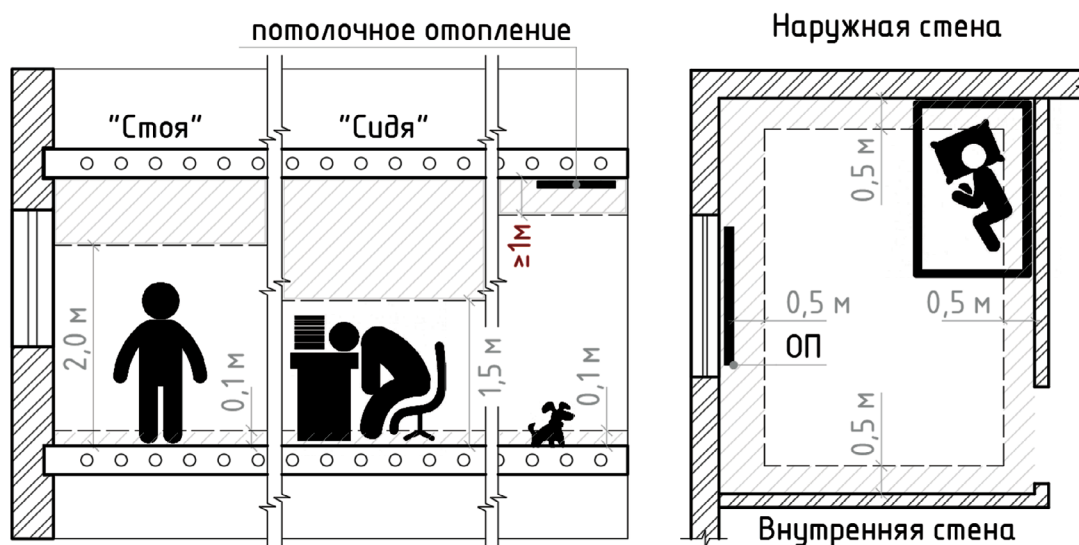


Рис. 1.2. Обслуживаемая зона помещения

Допустимые параметры микроклимата — «сочетания значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать общее и локальное ощущение дискомфорта, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности при усиленном напряжении механизмов терморегуляции и не вызывают повреждений или ухудшения состояния здоровья» [3].

Оптимальные параметры микроклимата — «сочетание значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают нормальное тепловое состояние организма при минимальном напряжении механизмов терморегуляции и ощущение комфорта не менее чем у 80 % людей, находящихся в помещении» [3].

В данном нормативном документе необходимые параметры микроклимата сгруппированы по общему функциональному назначению зданий в таблицы:

таблица 1 — жилые здания и общежития;

таблица 2 — детские дошкольные учреждения;

таблица 3 — общественные и административные здания.

1.3. Определение теплотехнических параметров наружных ограждений зданий

Требования, предъявляемые к тепловой защите зданий, представлены в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02–2003 (с Изменением № 1)» (СП 50) [2]. Данный свод правил устанавливает требования к тепловой защите строящихся и реконструируемых жилых, общественных, производственных, сельскохозяйственных и складских зданий общей площадью более 50 м², в которых необходимо поддерживать определенный температурно-влажностный режим. Также на сегодняшний день разработаны и вступили в законную силу документы СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей (с Изменением № 1)» (СП 230) [4] и СП 345.1325800.2017 «Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты» (СП 345) [5]. Свод правил, регламентирующих энергосбережение в РФ, наглядно отображены в виде диаграммы на рисунке 1.3.

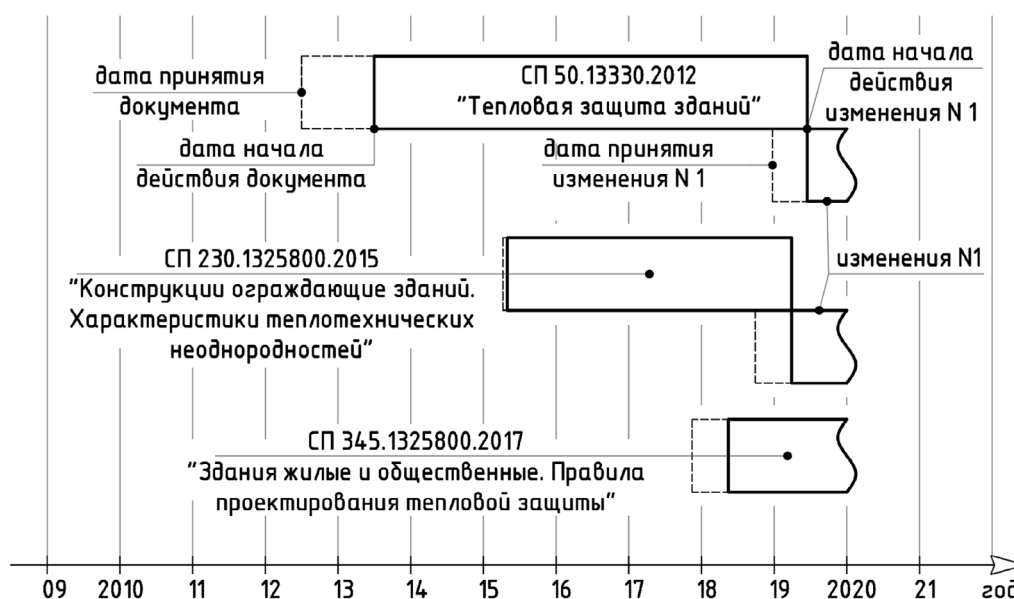


Рис. 1.3. Свод правил, регламентирующих энергосбережение в РФ

Проектирование зданий и сооружений необходимо производить, соблюдая требования, предъявляемые к наружным ограждающим конструкциям по СП 50. Проектные решения должны обеспечивать:

- поддержание параметров микроклимата, необходимых для жизнедеятельности людей и работы технологического или бытового оборудования;
- требуемую тепловую защиту здания;
- эффективный уровень потребления тепловой энергии на отопление и вентиляцию;
- защиту от переувлажнения ограждающих конструкций;
- надежность и долговечность наружных конструкций.

К наружным ограждающим конструкциям традиционно принято относить стены, окна, световые фонари, перекрытия (полы и потолки), входные двери и ворота.

В СП 50 обозначены обязательные требования к:

- приведенному сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций здания (поэлементные требования);
- удельной теплозащитной характеристике здания (комплексное требование);
- ограничению минимальной температуры и недопущению конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающих конструкций в холодный период года (санитарно-гигиеническое требование);
- теплоустойчивости ограждающих конструкций в теплый период года;
- воздухопроницаемости ограждающих конструкций;
- влажностному состоянию ограждающих конструкций;
- теплоусвоению поверхности полов;
- расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий.

Требования по тепловой защите здания считаются выполненными в случае одновременного выполнения санитарно-гигиенических, поэлементных и комплексных требований.

Пример 1.2. Для условий нашего расчётного примера, приведенного во введении, определим основные теплотехнические параметры наружных ограждений. Расчёты представим в Приложении 1.

1.4. Определение нагрузок на системы создания микроклимата реконструируемых зданий

Важным в определении нагрузок на системы отопления, вентиляции и кондиционирования является понимание процесса теплопередачи.

Теплопередача — это процесс переноса тепловой энергии в единицу времени от жидкости или газа с большей температурой к жидкости или газу с меньшей температурой через твёрдую разделяющую их стенку. При этом теплопередача по природе своей является сложным составным процессом, состоящим как минимум из трех базовых элементарных: теплопроводность, конвекция и тепловое излучение.

Уравнение теплопередачи выглядит следующим образом:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t = k \cdot F \cdot (t_1 - t_2), \text{ Вт}, \quad (1.9)$$

где индекс «1» — горячий теплоноситель; индекс «2» — холодный теплоноситель; Δt — температурный напор ($^{\circ}\text{C}$); k — коэффициент теплопередачи ($\text{Вт}/\text{м}^2\text{К}$); F — площадь ограждения, м^2 .

При определении тепловых потерь формула (1.9) преобразовывается к следующему виду:

$$Q = k \cdot F \cdot (t_1 - t_2) \cdot n \cdot (1 + \sum \beta_{ij}), \text{ Вт}, \quad (1.10)$$

где n — коэффициент, учитывающий фактическое понижение расчетной разности температуры; β — коэффициент, учитывающий дополнительные теплотери через ограждения.

Ещё одной важной зависимостью при определении нагрузки на инженерные системы отопления и вентиляции является переход от массового расхода к объёмному и наоборот:

$$G = L \cdot \rho, \frac{\text{кг}}{\text{сек}}, \quad (1.11)$$

где L — объёмный расход, м³/сек; ρ — плотность транспортируемой среды или теплоносителя, кг/м³.

Также важным уравнением является зависимость тепловой мощности от расхода теплоносителя и температурного напора:

$$Q = G \cdot c_p \cdot (t_1 - t_2) = L \cdot \rho \cdot c_p \cdot (t_1 - t_2), \text{ Вт}, \quad (1.12)$$

где G — массовый расход теплоносителя, кг/сек; c_p — массовая изобарная теплоёмкость жидкости или газа, Дж/кг.

Потребление тепловой энергии зданий различного назначения удобно представить в виде таблицы 1.2.

Таблица 1.2

Потребление тепловой энергии зданиями

Тип потребителей	Отопление, Вт	Вентиляция, Вт	ГВС зимой, Вт	ГВС летом, Вт	Технология, Вт	ВСЕГО, Вт
Жилые дома						
Общественные здания						
Промышленные здания						
Итого:						

Пример 1.3. Для условий нашего расчётного примера, приведенного во введении, определим тепловую нагрузку на системы отопления и вентиляции. Расчёты представим в Приложении 2.

1.5. Определение класса энергосбережения жилых и общественных зданий

Отличительной особенностью СП 50, по сравнению с СНиП 23-02–2003, является внедрение понятия удельной теплозащитной характеристики здания $k_{об}$, Вт/(м³·К). Она определяется как отношение суммарных тепловых потерь за счет теплопередачи через наружные ограждающие конструкции $Q_{тп}$, Вт, к отапливаемому объёму здания $V_{от}$, м³, и к расчетной разности температур внутреннего и наружного воздуха ($t_{в} - t_{н5}$), °С (формулы (Ж.1)–(Ж.3) СП 50):

$$k_{об} = \frac{Q_{тп}}{V_{от}(t_{в} - t_{н5})} = \frac{\sum \left(\frac{n_i A_i}{R_i} \right) (t_{в} - t_{н5})}{V_{от}(t_{в} - t_{н5})} = \frac{\sum \left(\frac{n_i A_i}{R_i} \right)}{V_{от}} = \frac{\sum A_i}{V_{от}} \cdot \frac{\sum \left(\frac{n_i A_i}{R_i} \right)}{\sum A_i} = K_{комп} \cdot K_{общ}, \quad (1.13)$$

где $K_{общ}$, Вт/(м²·К) — общий коэффициент теплопередачи оболочки здания и коэффициент компактности здания $K_{комп}$, м⁻¹, являясь их произведением; A_i и R_i — соответственно площадь, м², и сопротивление теплопередаче, м²·К/Вт, i -го наружного ограждения (наружных стен, окон, покрытий, перекрытий над техподпольем, полов по грунту и т.д.); n_i — коэффициент положения i -го ограждения по отношению к на-

ружному воздуху, определяемый по зависимости 5.3 в СП 50: $n_i = \frac{t_{в}^* - t_{от}^*}{t_{в} - t_{от}}$, где $t_{в}^*$, $t_{от}^*$ — соответственно средняя температура внутреннего и наружного воздуха для данного по-

мещения. При проведении практических расчетов можно использовать значения коэффициента n равными: для наружных стен, окон, бесчердачных покрытий, полов по грунту — 1; для чердачных перекрытий — 0.9; для полов над неотапливаемыми подвалами — 0.6.

Разность температур в выражении для $k_{об}$ не участвует в результате сокращения при делении числителя на знаменатель. Следовательно, при использовании величины $k_{об}$ теплозащитные свойства оболочки можно охарактеризовать более полно, так как она сочетает сразу два показателя: $K_{общ}$ и $K_{комп}$. Расчет $k_{об}$ описан в пунктах 5.5 и 5.6 СП 50 и, согласно Постановлению Правительства РФ № 1521, является обязательным.

Предельный верхний уровень $k_{об}$ ограничен нормируемой величиной $k_{об}^{ТР}$ в зависимости от значения отапливаемого объема $V_{от}$ и величины градусо-суток отопительного периода в районе строительства ГСОП, °С·сут/год. (формула (5.5) СП 50):

$$k_{об}^{ТР} = \begin{cases} \frac{4,74}{0,00013 \cdot \text{ГСОП} + 0,61} \cdot \frac{1}{\sqrt[3]{V_{от}}}, & \text{для } V_{от} \leq 960 \text{ м}^3 \\ 0,16 + \frac{10}{\sqrt{V_{от}}}, & \\ \frac{10}{0,00013 \cdot \text{ГСОП} + 0,61}, & \text{для } V_{от} > 960 \text{ м}^3 \end{cases}, \quad (1.14)$$

$$k_{об}^{ТР} = \frac{8,5}{\sqrt{\text{ГСОП}}}.$$

Значения сопротивления теплопередаче для наружных ограждающих конструкций R_i принимаются исходя из нормируемой величины $R_0^{\text{НОРМ}}$ (формула 5.1 в СП 50): $R_0^{\text{НОРМ}} = R_0^{\text{ТР}} m_p$, где $R_0^{\text{ТР}}$ — базовое значение, требуемое из условий энергосбережения и определяемое согласно ГСОП по таблице 3 СП 50 в зависимости от категории здания; m_p — региональный коэффициент, который в начале расчета принимается равным 1. Однако в случае выполнения требований по расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания по методике Приложения Г из СП 50 допустимо снизить R_i перемножением на m_p , минимальный уровень которого составляет 0,63 для наружных стен, 1 — для светопрозрачных конструкций и 0,8 — для всех остальных ограждений. Данная методика кратко изложена ниже.

Второй отличительной особенностью СП 50, по сравнению с СНиП 23-02—2003, является определение приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания с учетом теплотехнических неоднородностей по формуле Е.1 СП50:

$$R_0^{\text{ТР}} = \frac{1}{\frac{1}{R_0^{\text{УСЛ}}} + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k} = \frac{1}{\sum a_i U_i + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k}, \quad (1.15)$$

где $R_0^{\text{УСЛ}}$ — осредненное по площади условное сопротивление, $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$; l_j — удельная протяженность линейной неоднородности j -го вида, приходящаяся на 1 м² стены по глади $\frac{\text{м}}{\text{м}^2}$; Ψ_j — удельные потери теплоты через 1 м линейной теплотехнической неоднород-

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru