Микроклимат помещений

Значительная часть жизнедеятельности человека происходит в помещении. От состояния микроклимата в помещении во многом зависит его здоровье и работоспособность (рис. 1.1), что отражается на собственном бюджете, бюджете семьи и государства, поэтому поддержание теплового комфорта является как государственной задачей, так и

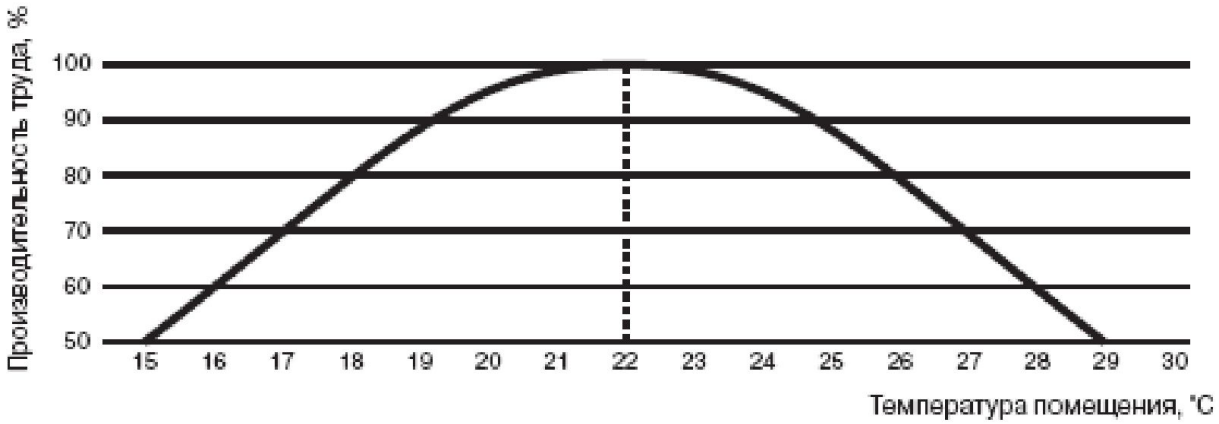


Рис. 1.1. Влияние температуры помещения на производительность труда человека

Микроклимат помещений

Результатом международного сотрудничества правительственных и общественных организаций стал норматив ISO 7730: 1994(E) [3], определяющий тепловые условия окружающей среды, к которой привыкли люди (рис. 1.2). Приведенные оптимальные температуры помещения предназначены для здоровых мужчин и женщин. Они основаны на северо-американских и европейских показателях. Хорошо согласуются с японскими исследованиями. Сопоставляются с российскими нормативами (СН 245-71, ГОСТ 12.1.005-88, строительными нормами и правилами СНиП 2.04.05-86, а также ведомственными нормами ВСН-43-88. Однако для больных и [illegible] **е могут иметь отклонения.**

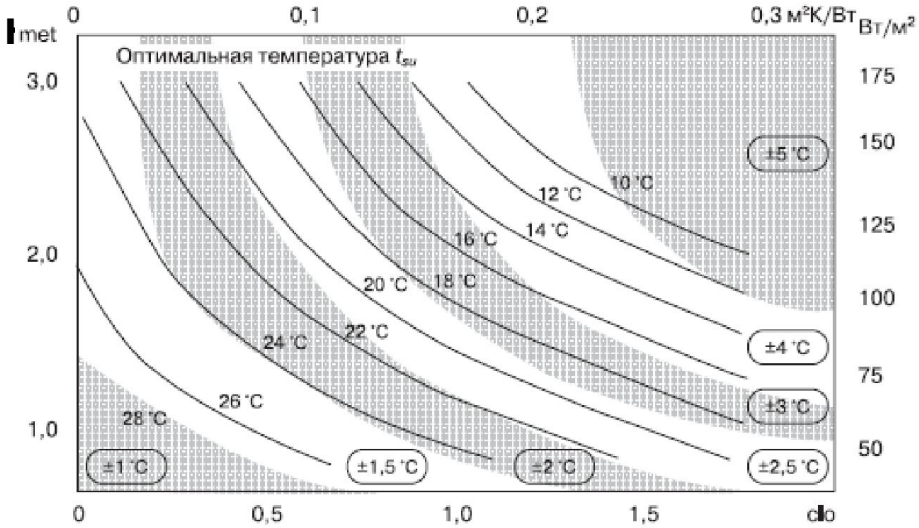


Рис. 1.2. Зависимость оптимальной температуры помещения

Тепловой баланс помещений

- ***Тепловой режим зданий*** **в зависимости от их назначения может быть постоянным или переменным. Для наибольшего количества зданий характерен постоянный тепловой режим, требующий круглосуточного поддержания в течение всего отопительного периода установленных температур воздуха в помещениях здания.**
- **Поддержание установленных нормативными документами температур воздуха в помещениях обеспечивается в зданиях, как правило, работой систем отопления.**
- **Поэтому при решении вопроса о необходимости устройства системы отопления и определения ее мощности составляют тепловой баланс помещений, представляющий собой сопоставление теплопотерь, т.е. расхода теплоты из помещения $Q_{пот}$, и теплопоступлений $Q_{пост}$ при максимальном дефиците теплоты в расчетном режиме функционирования системы в здании.**

Теплопотери помещений

Теплопотери помещения суммируют для здания в целом.

Тепловая мощность системы отопления $Q_{со}$ в общем виде равна сумме потерь теплоты через отдельные ограждающие конструкции $Q_{ТП}$, с округлением до 10 ВТ для помещений, расхода теплоты Q_i на нагревание инфильтрующегося воздуха, а также поступающих в помещение холодных материалов, изделий и транспортных средств в холодный период года $Q_{МТС}$ (с учетом бытовых тепловыделений $Q_б$).

$$Q_{со} = \Sigma\,(Q_{ТП} + Q_i + Q_{МТС} + Q_б) = \Sigma Q_{ПОМ} \qquad (1)$$

Теплопотери помещений

Потери теплоты через отдельную ограждающую конструкцию помещения определяют по формуле

$$Q_{огр} = \frac{F}{R_{огр}}(t_в - t_н)\left(1 + \sum \beta_i\right)n = kF(t_в - t_н)\psi n, \qquad (2)$$

где F- расчетная площадь ограждающей конструкции, $м^2$; $R_{огр}$ - сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, $(м^2 * К)/Вт$; $k = 1/R_{огр}$ - коэффициент теплопередаче ограждающей конструкции, $Вт/(м^2 * К)$; $t_в$ - расчетная температура воздуха в помещении, °С; $t_в$ - расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года или температура воздуха более холодного помещения, °С; β_i - добавочные потери теплоты в долях от основных потерь; $\psi = 1 + \sum \beta_i$ - коэффициент, учитывающий добавочные потери через ограждающую конструкцию; n – поправочный коэффициент к расчетной разности температур $(t_в - t_н)$, зависящий от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху.

Сопротивление теплопередаче стен, перекрытий, покрытий R_0, $(м^2 * К)/Вт$, определяют по формуле

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_в} + \sum \frac{\delta_1}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_н}, \qquad (3)$$

где $\alpha_в$ - коэффициент теплообмена на внутренней поверхности ограждения, $Вт/(м^2 * К)$; δ_i - толщина i- го слоя конструкции, м; λ_i - коэффициент теплопроводности материала i-го слоя , $Вт/(м * К)$; $\alpha_н$ - коэффициент теплоотдачи на внешней поверхности ограждения, $Вт/(м^2 * К)$.

Выбор значения n

✔n = 0.80 для чердачных перекрытий при стальной, черепичной
✔ или асбоцементной кровлях по сплошному настилу.

✔n = 0.40 для перекрытия над подпольями, расположенными ниже
✔уровня земли, при непрерывной конструкции цоколя с R_o>0.86

.

✔n = 0.75 для перекрытия над подпольями, расположенными выше
✔ уровня земли, при непрерывной конструкции цоколя с R_o<0.86

*Коэффициент теплоотдачи (для зимних условий) наружной поверхности ограждающей конструкции (СНиП 11-3-79*и 23-02-2003)*

Наружная поверхность	Коэффициент теплоотдачи $\alpha_н$, Вт/(м² ·°С)
1. Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительно-климатической зоне	23
2. Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительно-климатической зоне	17
3. Перекрытий чердачных над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах, а также наружных стен с воздушной, вентилируемой наружным воздухом	12
4. Перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенных выше уровня земли, и над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	6

Коэффициент, учитывающий зависимость положения ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху (СНиП 23-02)

Ограждающие конструкции	Коэффициент n
1. Наружные стены и покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом), зенитные фонари, перекрытия чердачные (с кровлей из штучных материалов) и над проездами; перекрытия над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительно-климатической зоне	1
2. Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытия чердачные (с кровлей из рулонных материалов); перекрытия над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительно-климатической зоне	0,9
3. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	0,75
4. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенные выше уровня земли	0,6
5. Перекрытия над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	0,4

Теплопотери помещений

В соответствии с методикой, приведенной в СНиП 2.04.05-86, затраты теплоты $Q_и$ (Вт) для нагрева инфильтрующегося воздуха в помещениях жилых и общественных зданий при естественной вытяжной вентиляции, не компенсируемого подогретым приточным воздухом, следует принимать равными большему из значений, определенных по формулам:

$$Q_и = k_р \sum G_и c\left(t_в - t_н^б\right)\beta_н; \qquad (4)$$

$$Q_и = k_р L \rho_н c\left(t_в - t_н^б\right), \qquad (5)$$

где $\sum G_и$ - расход инфильтрующего воздуха через ограждения помещения, кг/ч; c – удельная теплоемкость воздуха, $c = 1 кДж/(кг * °C)$; $t_в t_н^б$ - расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха в холодный период года (параметры Б); $\beta_н$ - коэффициент, учитывающий нагрев инфильтрующего воздуха в ограждении встречным тепловым потоком; $k_р = 0{,}28$ - числовой коэффициент, приводящий в соответствие принятые размерности расходов воздуха (кг/ч) и теплового потока (Вт): 0,28=1000/3600; L – расход удаляемого воздуха, не компенсируемый подогретым приточным воздухом, $м^3/ч$; $\rho_н$ - плотность наружного воздуха, $кг/м^3$.

Варианты расположения утеплителя в ограждающей конструкции

При рассмотрении вариантов расположения утеплителя (рис. 5.1) можно сделать вывод, что наибольшего эффекта можно добиться путем утепления снаружи (вариант 3):

- осуществляется защита стен от переменного замерзания и оттаивания, а так же и от других атмосферных воздействий;
- выравниваются температурные колебания основного массива стены;
- увеличивается долговечность конструкций стены;
- температурный ноль сдвигается во внешний теплоизоляционный слой;
- возрастает теплоаккумулирующая способность массивной стены.

При внутреннем утеплении несущая стена промерзает что способствует снижению коэффициента ее термосопротивления, появлению избытка влаги и ускоренному старению ограждающей конструкции.

Варианты расположения утеплителя в ограждающей конструкции

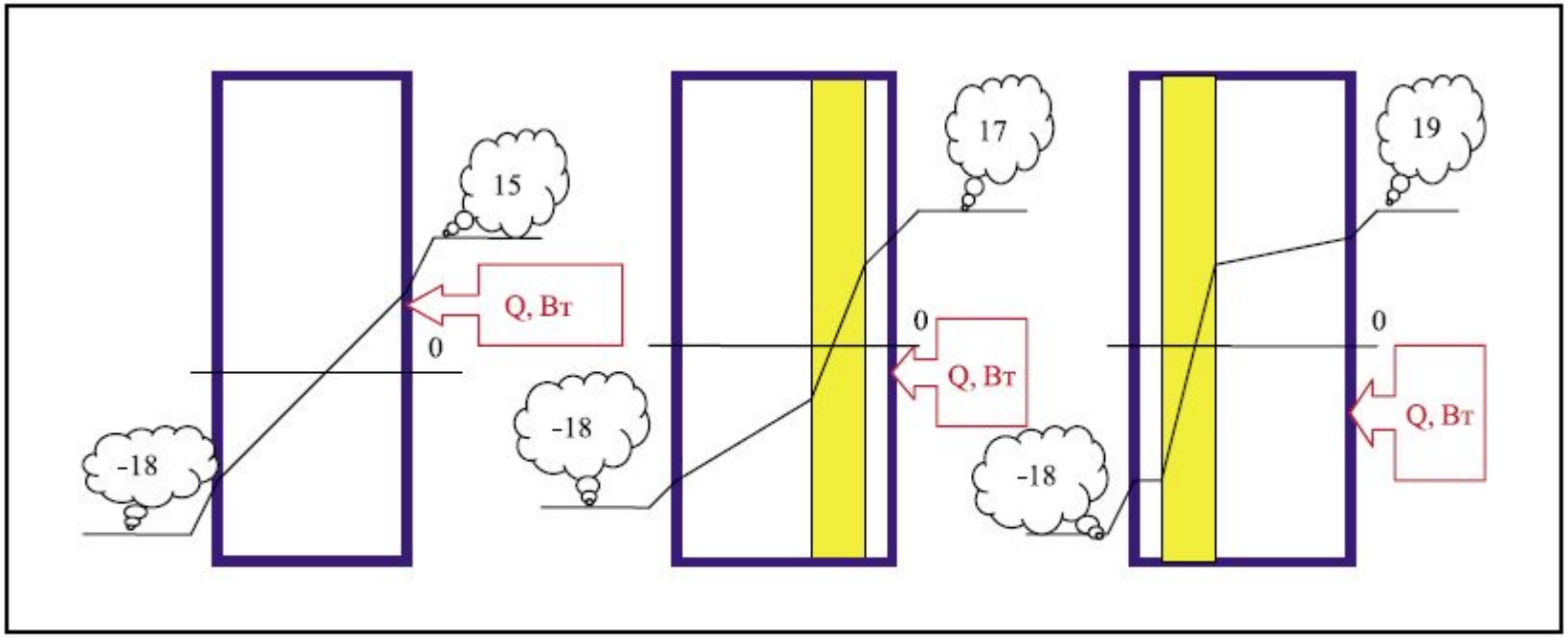
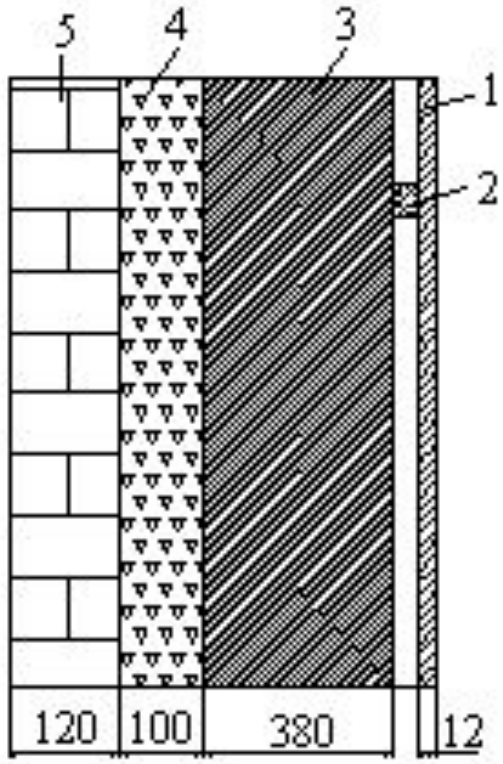


Рис. 5.1. Кривые изменения температуры ограждающих конструкций.
1) неутеплённых, 2) утеплённых изнутри, 3) снаружи, [25,27].

Конструкция стены



- 1.Гипсоволокнистая плита – 12 мм;
- 2.Замкнутая воздушная прослойка – 20 мм;
- 3.Арболитовые блоки – 380 мм;
- 4.Утеплитель (пенополистерол) 100 мм;
- 5.Облицовочный кирпич – 120 мм.

Параметры слоёв стены

Гипсоволокнистая плита толщиной $\delta 1$=12 *мм*, $\lambda 1$=0.21 *Вт/м·оС*.

Замкнутая воздушная прослойка $\delta 2$=*20 мм*, $R_{вп}$ =*0.14 м·оС/ Вт.*

Арболитовые блоки $\delta 3$=*380 мм*, $\lambda 3$=0.16 *Вт/м·оС*.

Утеплитель (пенополистирол) $\delta 4$=*250 мм*, $\lambda 4$=0.04 *Вт/м·оС*.

Облицовочный кирпич $\delta 5$=*120 мм*, $\lambda 5$=0.9 *Вт/м·оС*.

$$R_0 = (R_в + \frac{\sigma_1}{\lambda_1} + R_{вп} + \frac{\sigma_3}{\lambda_3} + \frac{\sigma_4}{\lambda_4} + \frac{\sigma_5}{\lambda_5} + R_н)$$

$$R_0 = \left(0.014 + \frac{0.012}{0.21} + 0.14 + \frac{0.38}{0.16} + \frac{0.25}{0.04} + \frac{0.12}{0.9} + 0.043\right) = 9\ \frac{м^2 \cdot °C}{Вт}$$

$$k = \frac{1}{9} = 0.111\ \frac{Вт}{м^2 \cdot °C}$$

.

Теплопоступления в помещения

Минимальное часовое теплопоступление в помещение:

$$\sum Q_{пост} = Q_{об} + Q_{б} + Q_{м} + Q_{чел} + Q_{и.о.} + Q_{др}, \qquad (6)$$

где $Q_{об}, Q_{б}, Q_{м}, Q_{чел}, Q_{и.о.}, Q_{др}$ - соответственно теплопоступления от технологического оборудования, бытового оборудования, нагретых материалов, людей, искусственного освешения и других источников теплоты, Вт.

Сведением всех составляющих теплопотерь и теплопоступлений в тепловой баланс помещений определяется дефицит или избыток теплоты. На основании чего принимают решение о регулировании значений параметров микроклимата в помещении.

Теплопоступления в помещения

Часовое теплопоступление в помещение складывается из теплопоступлений от технологического оборудования, бытового оборудования, нагретых материалов, людей, искусственного освещения и других источников теплоты, Вт.

Теплопоступления от людей определяются по формуле:

$$Q_я = q_я * n \qquad (1.8)$$

$$Q_п = q_п * n \qquad (1.9)$$

где $q_я$ и $q_п$ - соответственно количество явной и полной теплоты, выделяемой одним человеком, кДж/ч; n- количество людей.

Теплопоступления от искусственного освещения:

$$Q_{осв} = EFq_{осв}\eta_{осв} * 3{,}6 \qquad (1.10)$$

где Е-освещенность, лк*м^2 ; F- площадь пола помещения , м^2 ; $q_{осв}$ – удельные выделения теплоты, Вт/м^2 на 1 лк освещенности; $\eta_{осв}$ - доля тепловой энергии, поступающей в воздух помещения.

Теплопоступления в помещения

Теплопоступления от нагретых поверхностей оборудования:

$$Q_к = \alpha(t_{пов} - t_в)F, \qquad (1.11)$$

где α - коэффициент теплоотдачи конвекцией, кДж/(м^2 *ч*°С); $t_{пов}$ - температура нагретой поверхности, °С; $t_в$ - температура воздуха в помещении, °С; F-площадь нагретой поверхности, м^2.

Теплопоступления от электродвигателей и механизмов:

$$Q = 3600 N_у k_{загр} k_{одн}\left(\frac{1}{\eta_1} - 1 + k_m\right), \qquad (1.12)$$

где $N_у$ - установочная мощность электродвигателей, находящихся в помещении, кВт; $k_{загр}$ - коэффициент загрузки электродвигателя, $k_{загр} = 0{,}5 \div 0{,}8$; $k_{одн}$ - коэффициент одновременности работы электродвигателей, $k_{загр} = 1 \div 0{,}5$; η_1 - КПД электродвигателя при заданной нагрузке; k_m - коэффициент перехода теплоты в помещение, учитывающей, что часть теплоты может быть унесена из помещения эмульсией, водой или воздухом; значения k_m принимают по опытным данным; для электродвигателей насосов системы водоснабжения $k_m = 0{,}1 \div 0{,}15$.

Теплопоступления в помещения

Теплопоступления через строительные ограждения:

через остекленные поверхности

$$Q_{с.р.о.} = F_0 q_0 A_0, \qquad \textbf{(1.13)}$$

через непрозрачные ограждения

$$Q_{с.р.п.} = F_n q_n k_n, \qquad \textbf{(1.14)}$$

где F_0, F_n - площади поверхностей остекленения и покрытия, м^2; q_0, q_n - удельные поступления теплоты солнечной радиации через остекленение и покрытие, $Вт/м^2$, $q_n = 17{,}4\ Вт/м^2$; A_0 - коэффициент, учитывающий характер и конструкцию остекленения; для обычных оконных стекол $A_0 = 1{,}45$, для матовых стекол $A_0 = 0{,}4$, для сильно загрязненных $A_0 = 0{,}7$; k_n - коэффициент передачи теплоты покрытием, $Вт/(м^2 * К)$.

Определение потерь тепла через полы

Потери тепла из помещения нижнего этажа через конструкцию пола является сложным процессом. Учитывая небольшой удельный вес теплопотерь через пол в общих теплопотерях помещения, применяют упрощенную методику расчета.

Теплопотери через пол, расположенный на грунте, рассчитывают по зонам. Расчетной зоной называется полоса шириной 2 м, параллельная наружной стене. Полосу, ближайшую к наружной стене, обозначают первой зоной, следующие две полосы - второй и третей, а оставшуюся поверхность пола – четвертой зоной (рис. 6.1). Часть площади первой зоны, примыкающая к углу наружных стен, измеряют дважды (на рисунке эта площадь показана двойной штриховкой).

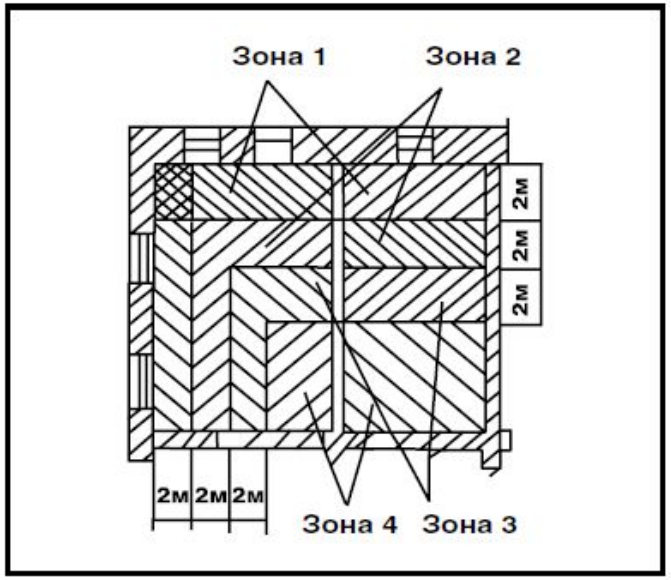


Рис. 6.1. Разбивка пола на грунте на зоны.

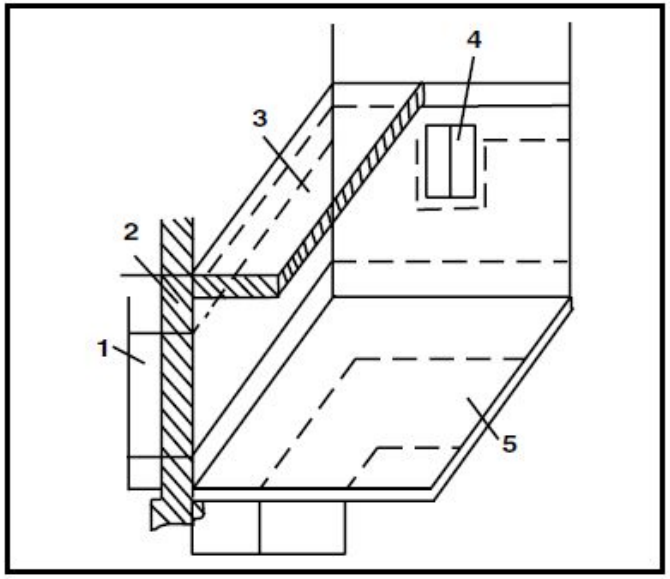


Рис. 6.2. Разбивка загубленных частей наружных стен и пола углового 4 подвального помещения на I - IV расчетные зоны 1 - земля; 2 - наружная стена; 3 - перекрытие; 4 - окно; 5 - пол.

Расчетные параметры рабочей зоны

Значение метеорологических параметров воздуха производственных помещений (СН 245 - 71)

Помещения	Категория работы	Холодный и переходный периоды года ($t_н \le 10^{\circ}C$)							Теплый период года ($t_н \ge 10^{\circ}C$)						
		на рабочих местах						допускаемая температура вне рабочих мест, °С	на рабочих местах						допускаемая температура вне рабочих мест, °С
		оптимальные характеры			допускаемые характеры				оптимальные характеры			допускаемые характеры			
		Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения, м/сек	Температура, °С	Относительная влажность	Скорость движения, м/сек		Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения, м/сек	Температура, °С	Относительная влажность,	Скорость движения, м/сек	
С избытками тепла 20 ккал/м³ч	Легкая	20-22	60-30	Не более 0,2	17-22	Не более 75	Не более 0,3	15-22	22-25	60-30	0,2-0,5	Не более чем на 3 ° выше / н,, но не более 28 °			Не более чем на 3 ° выше / 13ч
	Средней тяжести	17-19	60-30	Не более 0,3	15-20	То же	Не более 0,5	13-20	20-23	60-30	0,2-0,5	То же	То же	0,3-0,7	То же
	Тяжелая	16-18	60-30	То же	13-18	Тоже	То же	12-18	17-21	60-30	0,3-0,7	То же, но не более 26°	При 26 °С - до 65, при 25 ° - до 70, при 24 ° - до 75	0,5-1,0	Тоже
С избытками более 20 ккал/м³ч	Легкая	20-22	60-30	Не более 0,2	17-24	Не более 75	Не более 0,5	15-26	22-25	60-30	0,2-0,5	Не более чем на 5 ° выше *1*3ч, но не более 28 °	При 28 °С - до 55, при 26 ° - до 65, при 24 ° и ниже - до 75	0,3-0,7	Не более чем на 5 ° выше / 13ч
	Средней тяжести	17-19	60-30	Не более 0,3	16-22	То же	То же	5-24	20-23	60-30	0,2-0,5	То же	То же	0,5-1,0	То же
	Тяжелая	16-18	60-30	То же	13-17	Тоже	То же	2-19	18-21	60-30	0,3-0,7	То же, но не более 26°	То же	0,5-1,0	То же

Нормы и правила при проектировании систем отопления

ГОССТРОЕМ Российской Федерации в 2002-2004 г. г. введен в действие ряд новых строительных норм и правил, в том числе:

- **СНиП 41-01-2003 “Отопление, вентиляция и кондиционирование”;**
- **СНиП 23-02-2003 “Тепловая защита зданий”;**
- **СНиП 23-01-99* “Строительная климатология”.**

Проектирование систем отопления

Тепловой баланс

Расчет теплопотерь по помещениям здания

Расчетная площадь ограждающих конструкций принимается с учетом правил обмера ограждений.

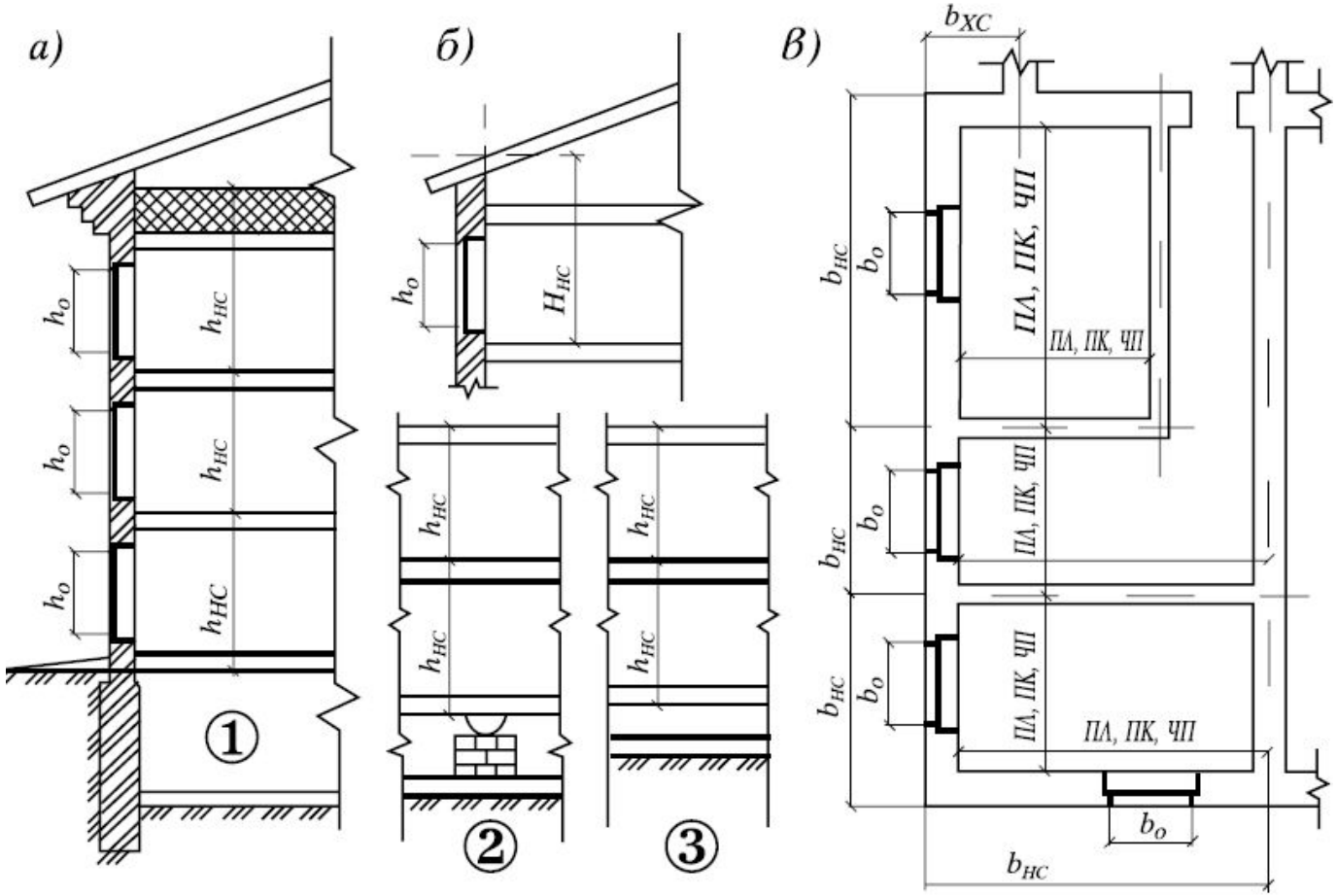


Рис. Правила обмера площадей ограждающих конструкций:
а) разрез здания с чердачным покрытием; б) разрез здания с совмещенным покрытием; в) план здания; 1 - пол над подвалом; 2 - пол на лагах; 3 - пол на грунте.

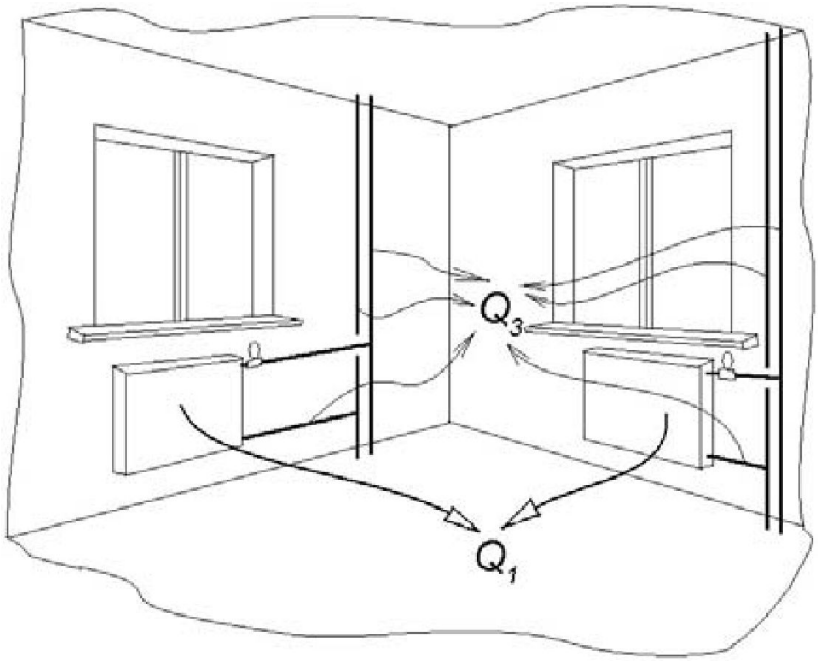
Расчет тепловых потерь

№ пом.	Наименование помещения, $t_В$, °С	Характеристика ограждения					$(t_В-t_Н)\cdot n$, °С	$Q_О$, Вт	Добавки β		$1+\Sigma\beta$	$Q_{ТП}$, Вт
		наименование	ориентация	размер a×b, м	A, м²	$K_О$, Вт/мм²·°С			ориентация	прочие		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Тепловая мощность помещения и системы отопления

№ помещения	Составляющие баланса, Вт				$Q_{ПОМ}$, Вт
	$Q_{ТП}$	Q_i	$Q_{МТС}$	$Q_б$	
1	2	3	4	5	6

Отапливаемое помещение



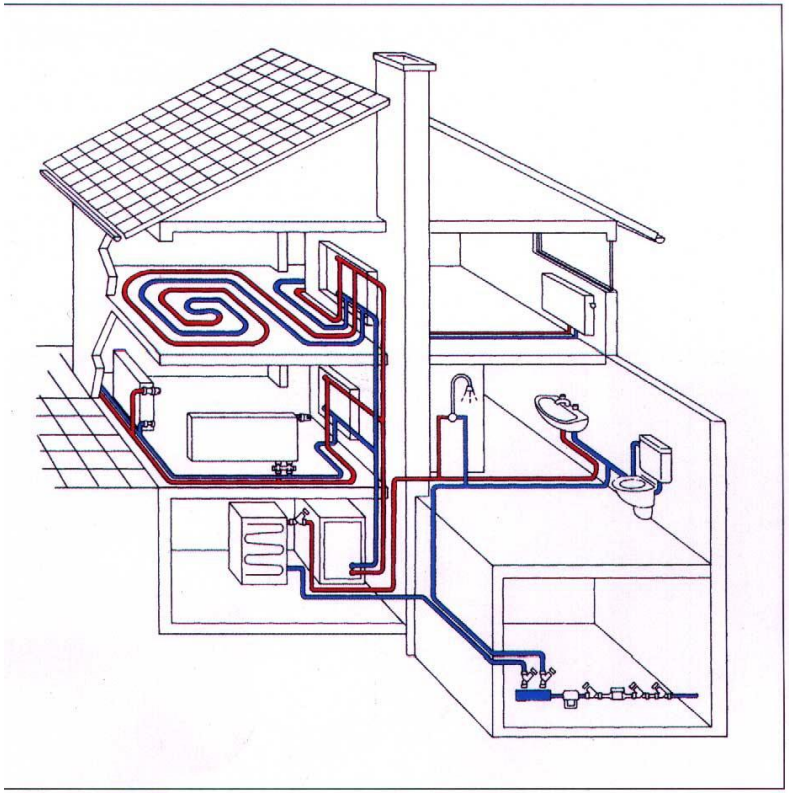


Рис. 1. Схема распределения тепловых потоков в отапливаемом помещении