



# 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

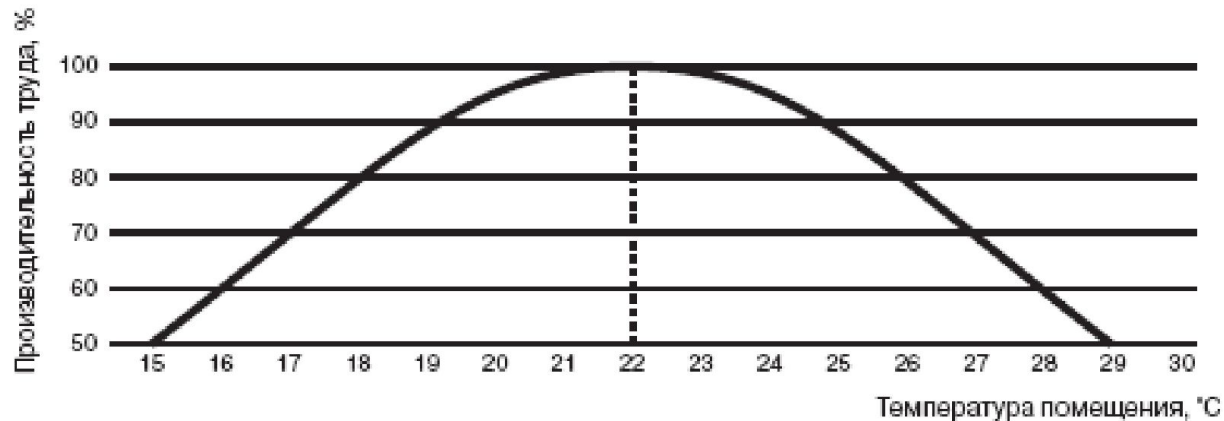


Рис. 1.1. Влияние температуры помещения на производительность труда человека

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 отклонения.

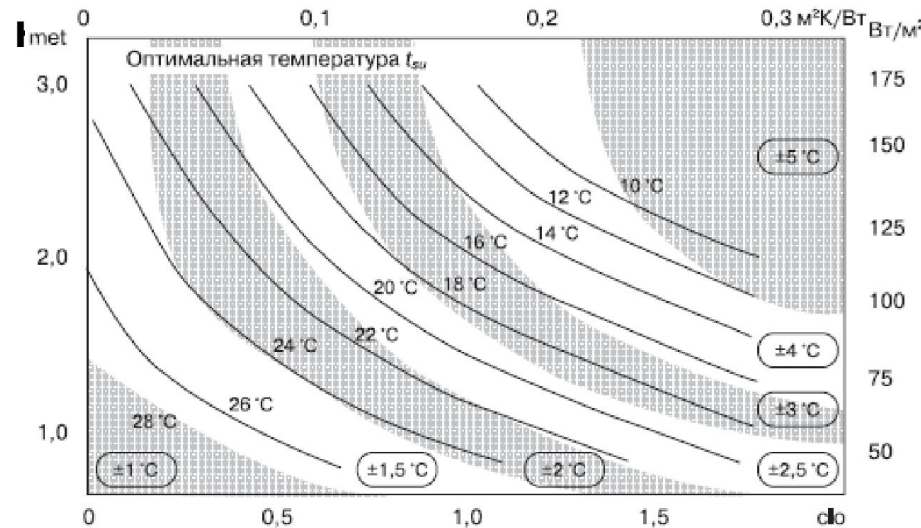


Рис. 1.2. Зависимость оптимальной температуры помещения

# 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  $Q_{co}$  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  $Q_б$ ).

$$Q_{co} = \Sigma (Q_{тп} + Q_i + Q_{мтс} + Q_б) = \Sigma Q_{пом} \quad (1)$$

# Теплопотери помещения

Потери теплоты через отдельную ограждающую конструкцию помещения определяют по формуле

$$Q_{\text{оэп}} = \frac{F}{R_{\text{оэп}}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) (1 + \sum \beta_i) \psi = kF (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \psi n, \quad (2)$$

где  $F$  - расчетная площадь ограждающей конструкции,  $\text{м}^2$ ;  $R_{\text{оэп}}$  - сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции,  $(\text{м}^2 * \text{К}) / \text{Вт}$ ;  $k = 1/R_{\text{оэп}}$  - коэффициент теплопередаче ограждающей конструкции,  $\text{Вт} / (\text{м}^2 * \text{К})$ ;  $t_{\text{в}}$  - расчетная температура воздуха в помещении,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\text{н}}$  - расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года или температура воздуха более холодного помещения,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $\beta_i$  - 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  $(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})$ , зависящий от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху.

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

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}, \quad (3)$$

где  $\alpha_{\text{в}}$  - коэффициент теплообмена на внутренней поверхности ограждения,  $\text{Вт} / (\text{м}^2 * \text{К})$ ;  $\delta_i$  - толщина  $i$ -го слоя конструкции,  $\text{м}$ ;  $\lambda_i$  - коэффициент теплопроводности материала  $i$ -го слоя,  $\text{Вт} / (\text{м} * \text{К})$ ;  $\alpha_{\text{н}}$  - коэффициент теплоотдачи на внешней поверхности ограждения,  $\text{Вт} / (\text{м}^2 * \text{К})$ .

# 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 $\alpha_H$ , Вт/(м <sup>2</sup> · °С)
1. Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной климатической зоне	23
2. Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной 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 строительной-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 строительной-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  $Q_u$  (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:

$$Q_u = k_p \sum G_u c (t_e - t_n^{\beta}) \beta_n; \quad (4)$$

$$Q_u = k_p L \rho_n c (t_e - t_n^{\beta}); \quad (5)$$

где  $\sum G_u$  - расход инфильтрующегося воздуха через ограждения помещения, кг/ч;  $c$  - удельная теплоемкость воздуха,  $c = 1 \text{ кДж} / (\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $t_e, t_n^{\beta}$  - расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха в холодный период года (параметры Б);  $\beta_n$  - коэффициент, учитывающий нагрев инфильтрующегося воздуха в ограждении встречным тепловым потоком;  $k_p = 0,28$  - 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,  $\text{м}^3 / \text{ч}$ ;  $\rho_n$  - плотность наружного воздуха,  $\text{кг} / \text{м}^3$ .

# **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

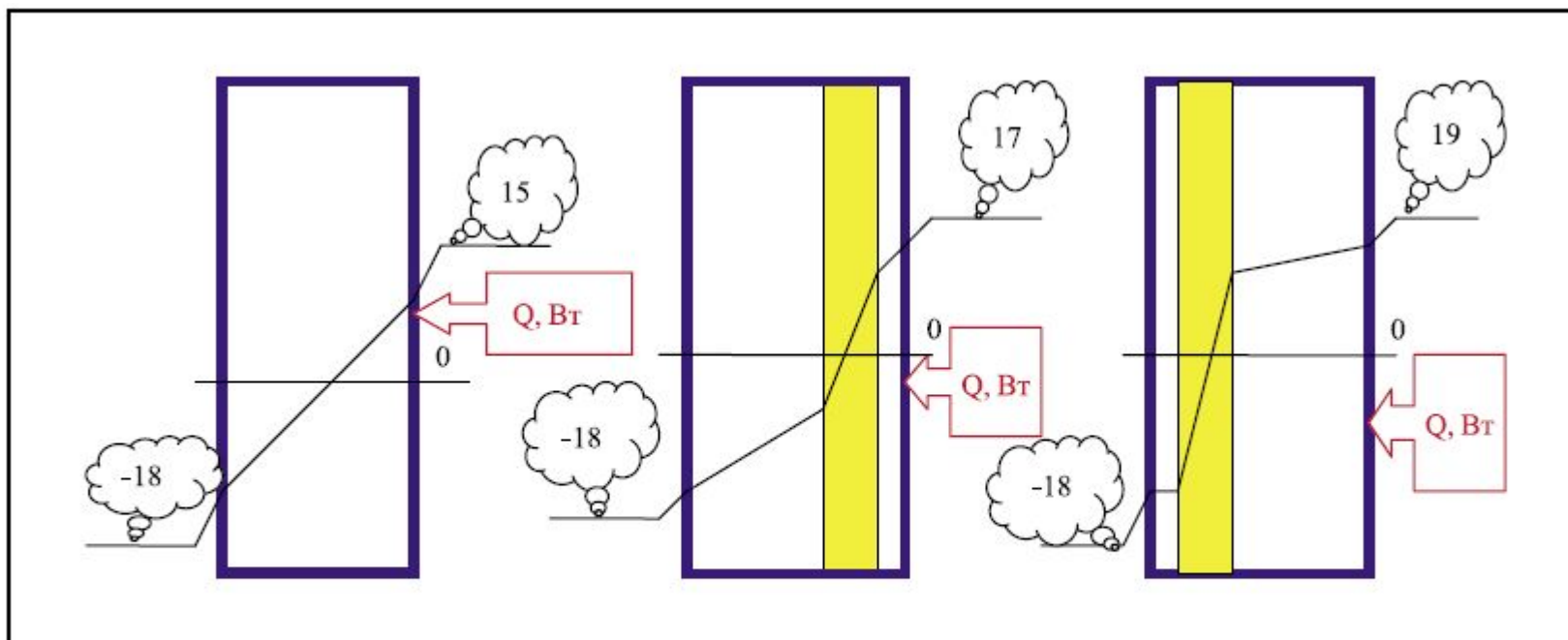
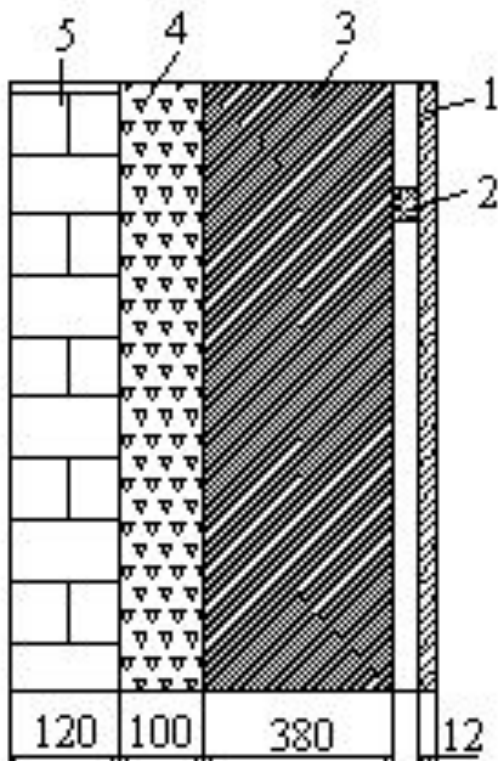


Рис. 5.1. Кривые изменения температуры ограждающих конструкций.  
1) неутеплённых, 2) утеплённых изнутри, 3) снаружи, [25,27].

# 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·°С.

Замкнутая воздушная прослойка  $\delta_2=20$  мм,  $R_{вп} = 0.14$  м·°С/ Вт.

Арболитовые блоки  $\delta_3=380$  мм,  $\lambda_3=0.16$  Вт/м·°С.

Утеплитель (пенополистирол)  $\delta_4=250$  мм,  $\lambda_4=0.04$  Вт/м·°С.

Облицовочный кирпич  $\delta_5=120$  мм,  $\lambda_5=0.9$  Вт/м·°С.

$$R_0 = (R_B + \frac{\sigma_1}{\lambda_1} + R_{\text{БП}} + \frac{\sigma_3}{\lambda_3} + \frac{\sigma_4}{\lambda_4} + \frac{\sigma_5}{\lambda_5} + R_H)$$

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

$$k = \frac{1}{9} = 0.111 \frac{\text{BT}}{\text{M}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

# Теплопоступления в помещения

**Минимальное часовое теплопоступление в помещение:**

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

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 освещения 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:

$$Q_{я} = q_{я} * n \quad (1.8)$$

$$Q_{п} = q_{п} * n \quad (1.9)$$

где  $q_{я}$  и  $q_{п}$  - соответственно количество явной и полной теплоты, выделяемой одним человеком, кДж/ч;  $n$  - количество людей.

Теплопоступления от искусственного освещения:

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

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

# Теплопоступления в помещения

**Теплопоступления от нагретых поверхностей оборудования:**

$$Q_k = \alpha(t_{\text{пов}} - t_v)F, \quad (1.11)$$

где  $\alpha$  - коэффициент теплоотдачи конвекцией, кДж/(м<sup>2</sup> \*ч\*°С);  $t_{\text{пов}}$  - температура нагретой поверхности, °С;  $t_v$  - температура воздуха в помещении, °С;  $F$  - площадь нагретой поверхности, м<sup>2</sup>.

**Теплопоступления от электродвигателей и механизмов:**

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

где  $N_y$  - установочная мощность электродвигателей, находящихся в помещении, кВт;  $k_{\text{загр}}$  - коэффициент загрузки электродвигателя,  $k_{\text{загр}} = 0,5 \div 0,8$ ;  $k_{\text{одн}}$  - коэффициент одновременности работы электродвигателей,  $k_{\text{загр}} = 1 \div 0,5$ ;  $\eta_1$  - 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

$$Q_{c.p.o.} = F_o q_o A_o, \quad (1.13)$$

## через непрозрачные ограждения

$$Q_{c.p.n.} = F_n q_n k_n, \quad (1.14)$$

где  $F_o, F_n$  - площади поверхностей остекления и покрытия,  $m^2$ ;  $q_o, q_n$  - удельные поступления теплоты солнечной радиации через остекление и покрытие,  $Вт/м^2$ ,  $q_n = 17,4 \text{ Вт/м}^2$ ;  $A_o$  - коэффициент, учитывающий характер и конструкцию остекления; для обычных оконных стекол  $A_o = 1,45$ , для матовых стекол  $A_o = 0,4$ , для сильно загрязненных  $A_o = 0,7$ ;  $k_n$  - 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 третьей, 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).

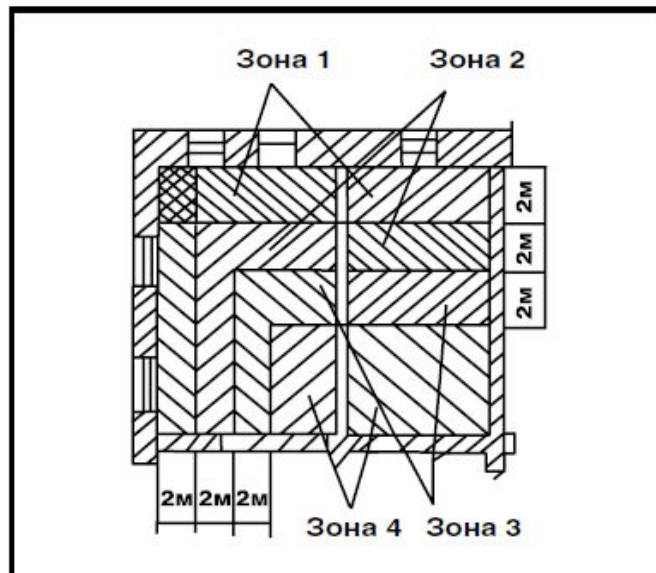


Рис. 6.1. Разбивка пола на грунте на зоны.

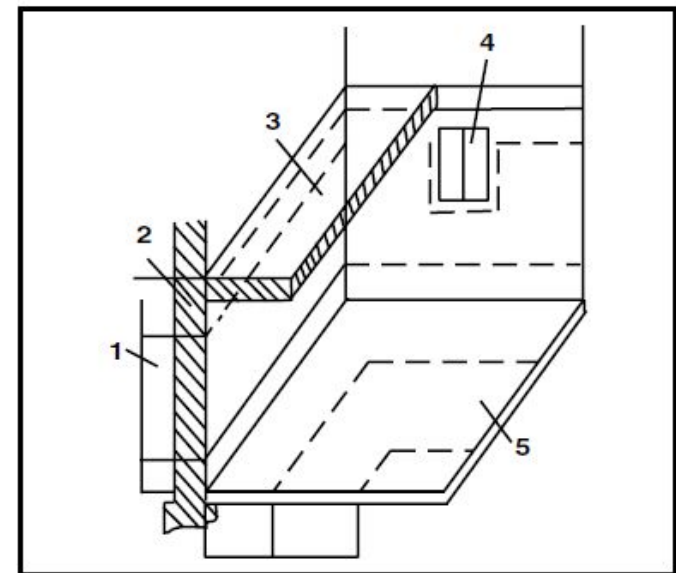


Рис. 6.2. Разбивка заглубленных частей наружных стен и пола углового 4 подвального помещения на I - IV расчетные зоны 1 - земля; 2 - наружная стена; 3 - перекрытие; 4 - окно; 5 - пол.

# Расчетные параметры рабочей

## зоны

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

Помещения	Категория работы	Холодный и переходный периоды года ( $t_n \leq 10^\circ\text{C}$ )							Теплый период года ( $t_n \geq 10^\circ\text{C}$ )						
		на рабочих местах						допускаемая температура вне рабочих мест, $^\circ\text{C}$	на рабочих местах						допускаемая температура вне рабочих мест, $^\circ\text{C}$
		оптимальные характеристики			допускаемые характеристики				оптимальные характеристики			допускаемые характеристики			
		Температура, $^\circ\text{C}$	Относительная влажность, %	Скорость движения, м/сек	Температура, $^\circ\text{C}$	Относительная влажность	Скорость движения, м/сек		Температура, $^\circ\text{C}$	Относительная влажность, %	Скорость движения, м/сек	Температура, $^\circ\text{C}$	Относительная влажность	Скорость движения, м/сек	
С избытками тепла 20 ккал/м <sup>3</sup> ч	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 $^\circ$ выше / и., но не более 28 $^\circ$			Не более чем на 3 $^\circ$ 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	То же	То же	12-18	17-21	60-30	0,3-0,7	То же, но не более 26 $^\circ$	При 26 $^\circ\text{C}$ - до 65, при 25 $^\circ$ - до 70, при 24 $^\circ$ - до 75	0,5-1,0	То же
С избытками более 20 ккал/м <sup>3</sup> ч	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 $^\circ$ выше / 13ч, но не более 28 $^\circ$	При 28 $^\circ\text{C}$ - до 55, при 26 $^\circ$ - до 65, при 24 $^\circ$ и ниже - до 75	0,3-0,7	Не более чем на 5 $^\circ$ 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	То же	То же	2-19	18-21	60-30	0,3-0,7	То же, но не более 26 $^\circ$	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.

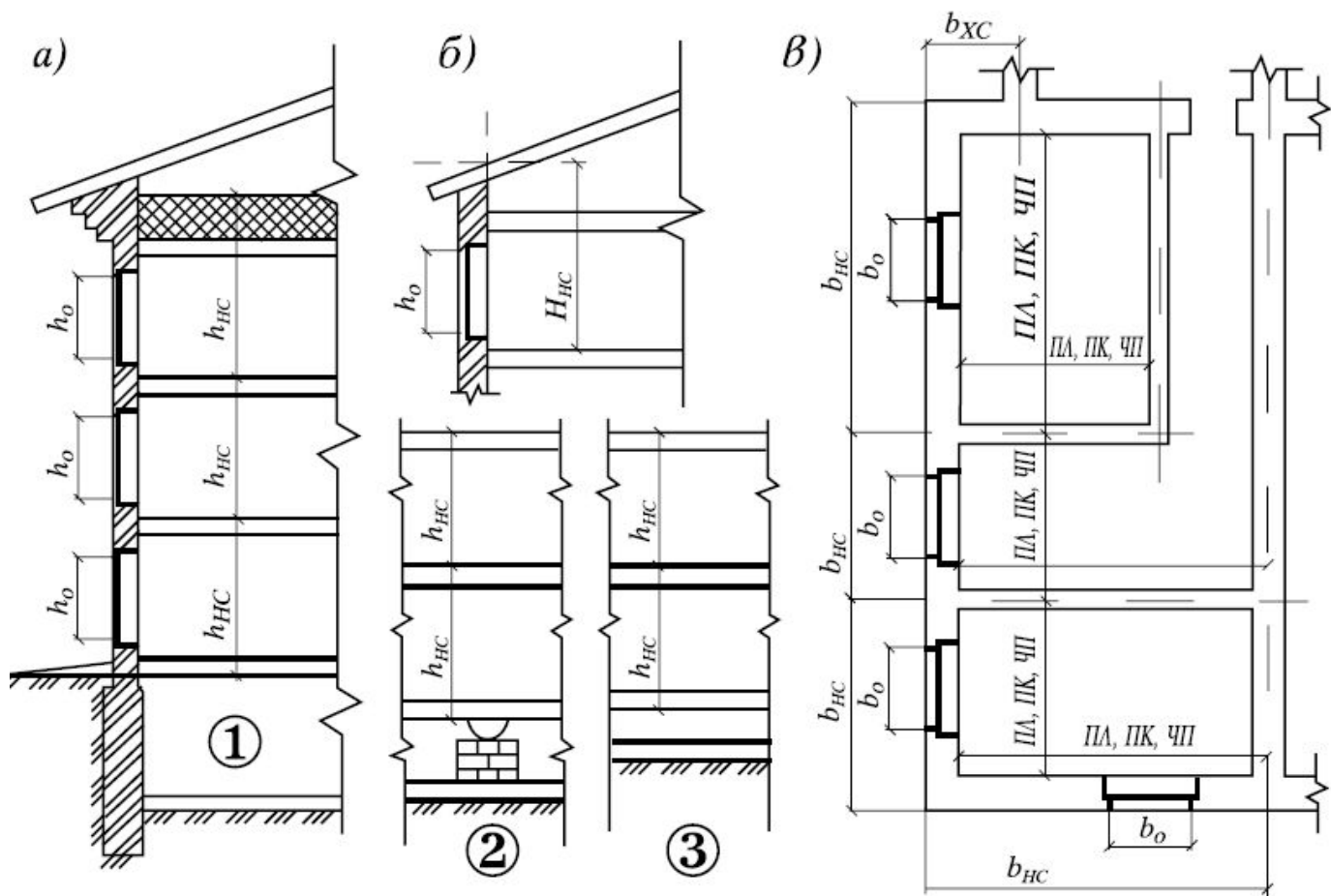


Рис. Правила обмера площадей ограждающих конструкций:

а) разрез здания с чердачным покрытием; б) разрез здания с совмещенным покрытием; в) план здания; 1 - пол над подвалом; 2<sub>н</sub> пол на лагах; 3 - пол на грунте.



# Расчет тепловых потерь

№ пом.	Наименование помещения, $t_B, ^\circ\text{C}$	Характеристика ограждения					$(t_B - t_H) \cdot n, ^\circ\text{C}$	$Q_0, \text{Вт}$	Добавки $\beta$		$1 + \Sigma\beta$	$Q_{ТП}, \text{Вт}$
		наименование	ориентация	размер ахб, м	A, $\text{м}^2$	$K_0, \text{Вт/мм}^2 \cdot ^\circ\text{C}$			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				$Q_{\text{ПОМ}},$ Вт
	$Q_{\text{ТП}}$	$Q_i$	$Q_{\text{МТС}}$	$Q_6$	
1	2	3	4	5	6

# Отапливаемое помещение

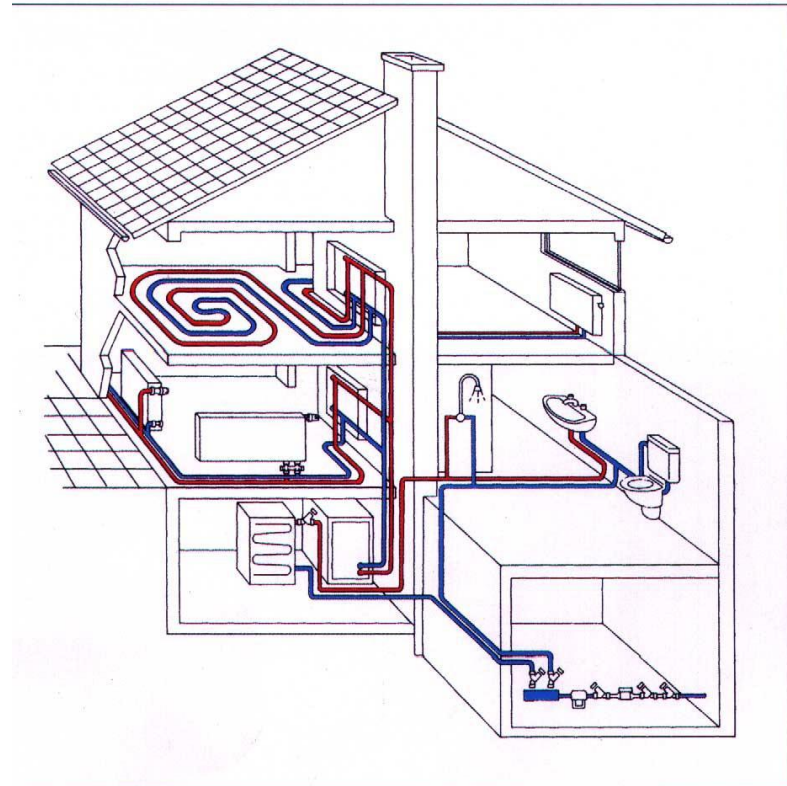
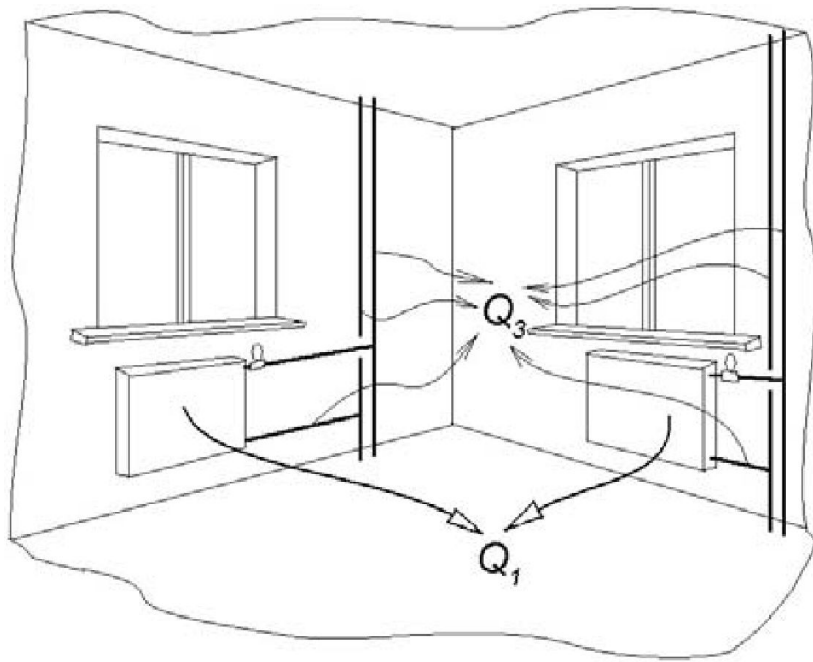


Рис. 1. Схема распределения тепловых потоков в отапливаемом помещении