

# Строительная теплотехника

Преподаватель

Соколов Александр Николаевич

# Лекция 7 - Тезисы

- Воздухопроницаемость

# Воздухопроницаемость

- свойство ОК пропускать воздух

# Фильтрация

Образуется при разности давлений воздуха с одной стороны и с другой стороны через ОК. Воздух проходит в направлении от большего давления к меньшему.

Эксфильтрация – фильтрация в направлении от наружного воздуха в помещение.

Инфильтрация – фильтрация в обратном направлении.

# Разность давлений

Тепловой напор – возникает при разности температур воздуха в здании и наружного воздуха

Ветровой напор – возникает под влиянием ветра

Разность давления воздуха на наружной и внутренней поверхностях ОК следует определять по формуле

$$\Delta p = 0,55H(\gamma_{ext} - \gamma_{int}) + 0,03\gamma_{ext}v^2$$

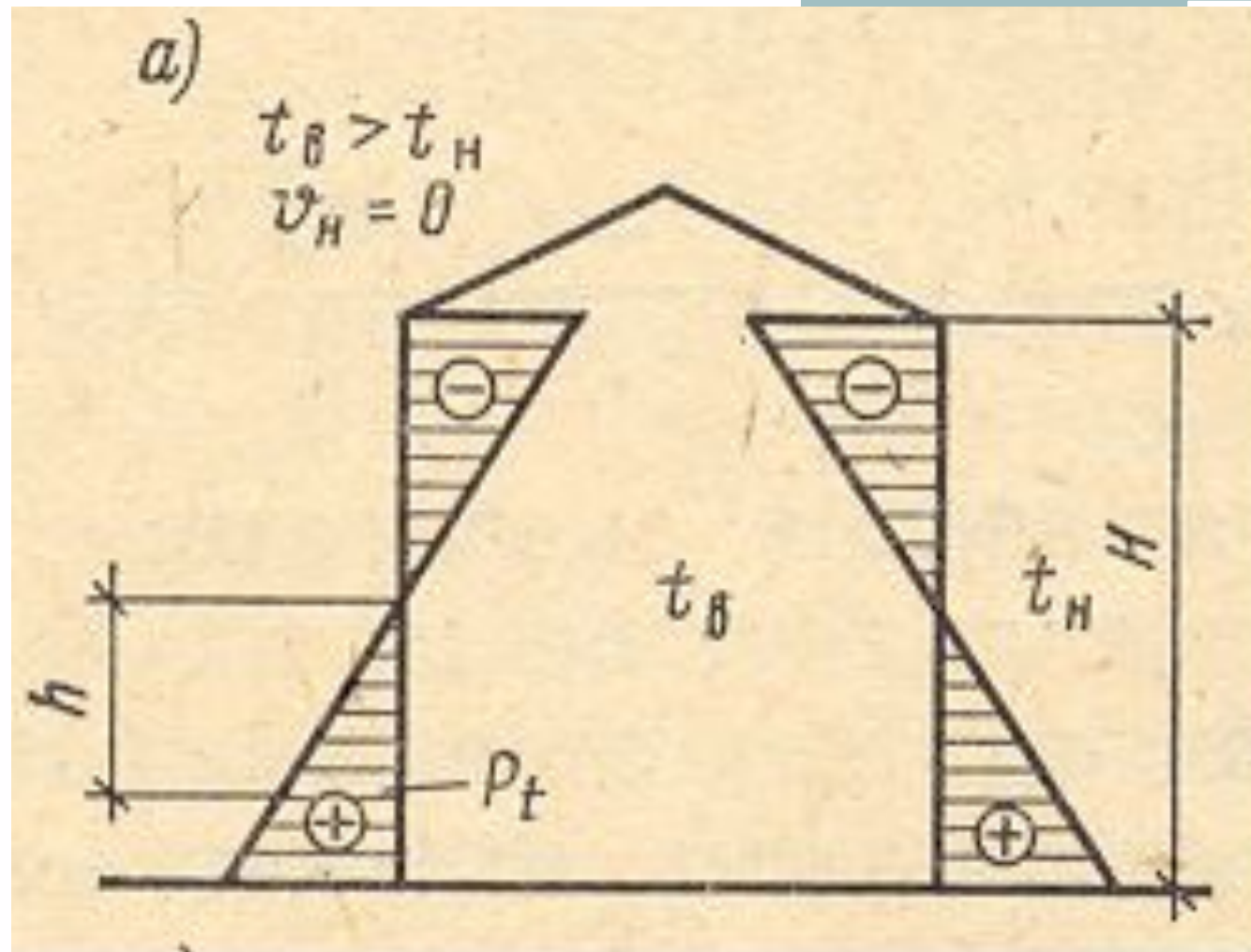
$$\gamma = \frac{3463}{273 + t}$$

# Тепловой напор (гравитационное давление)

Значения объемных весов воздуха  $\gamma$  в  $кг/м^3$  при некоторых значениях его температуры  $t$  в град

$t$	20	15	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25
$\gamma$	1,205	1,226	1,248	1,27	1,293	1,317	1,342	1,368	1,396	1,424

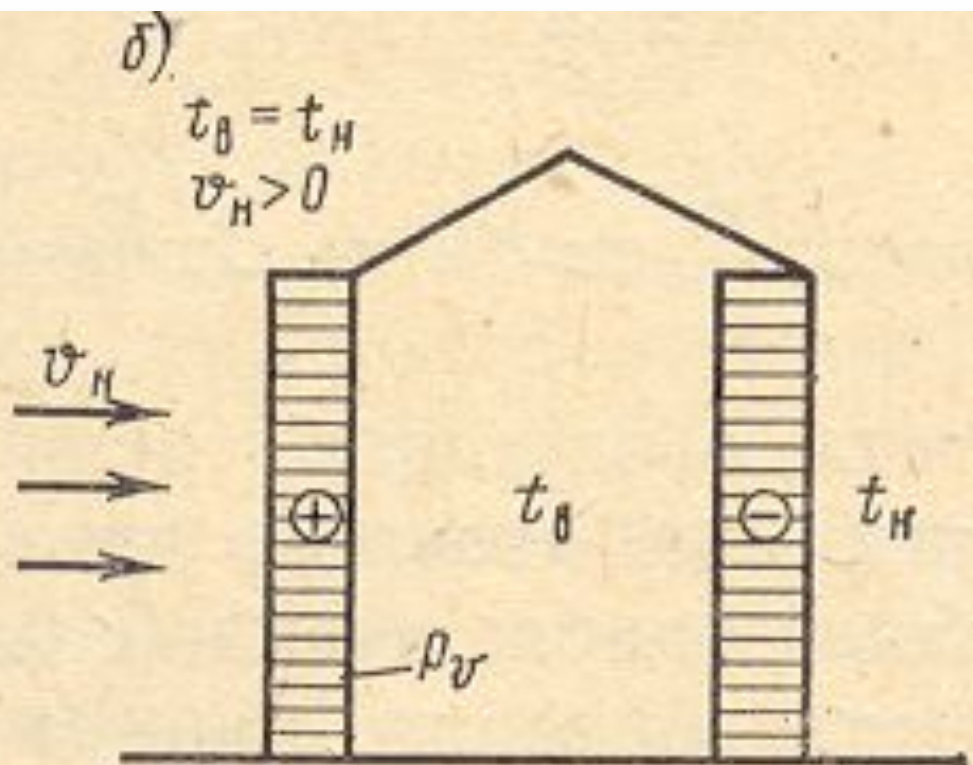
$$\rho = \frac{\rho_0}{1 + \frac{t}{273}} = \frac{1.293 \cdot 273}{273 + t}$$



$$\Delta p_t = \pm (\rho_H - \rho_B) g h$$

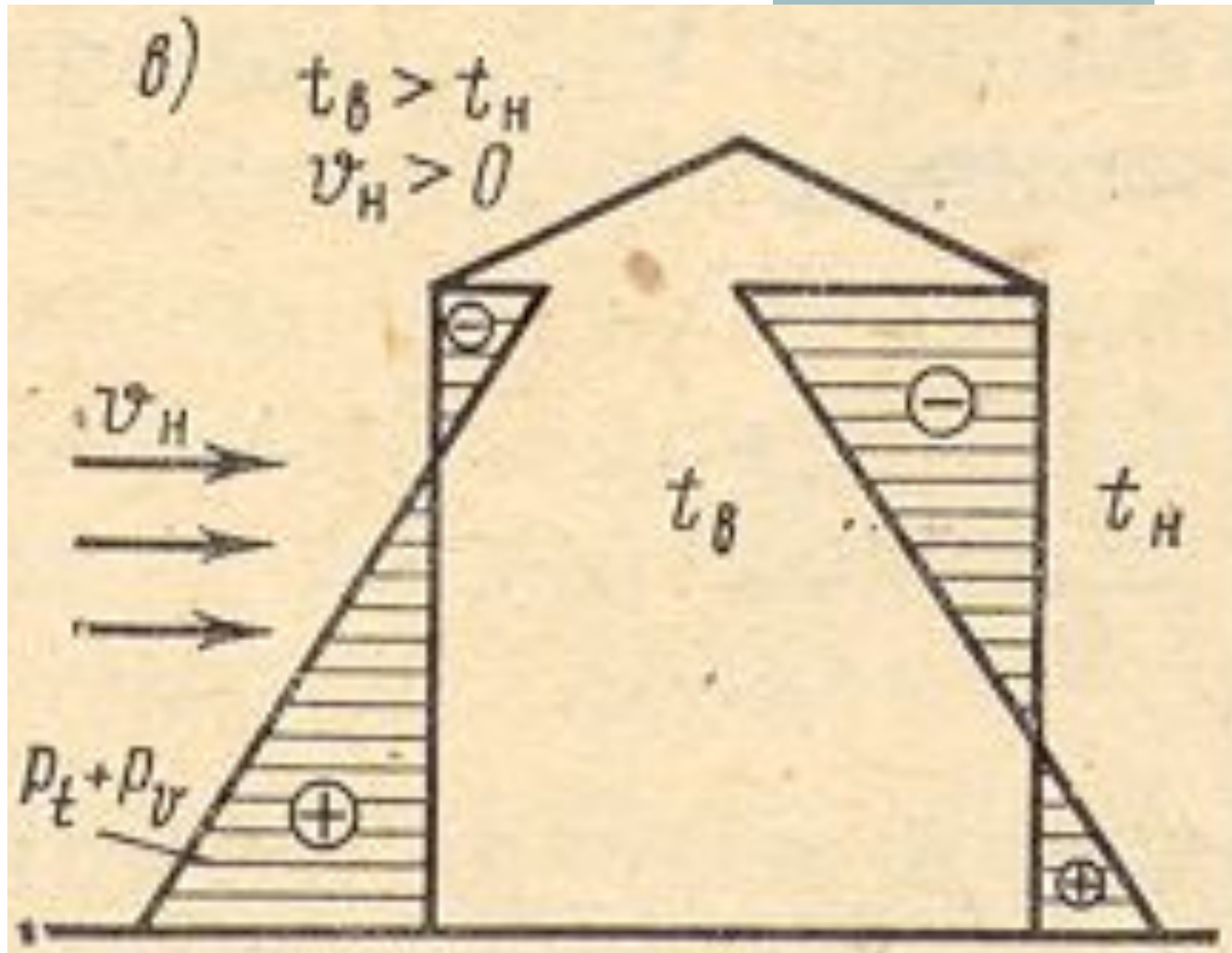


# Ветровой напор



$$p_v = \frac{v^2}{2} \rho_H$$

$$\Delta p_v = \frac{\kappa_1 + \kappa_2}{2} \frac{v^2}{2} \rho_H$$



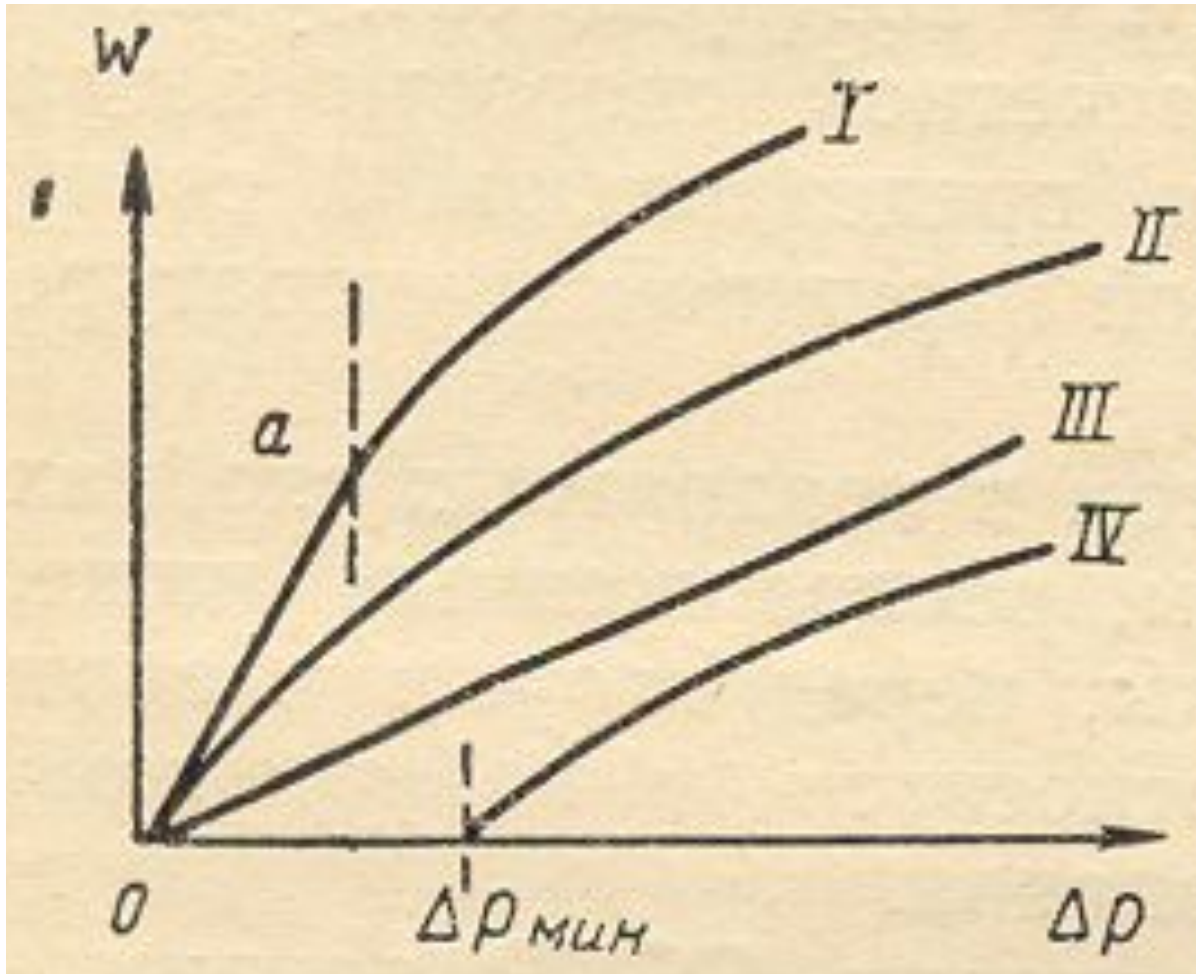
$$\Delta p = \pm(\rho_H - \rho_B)gh \pm \frac{k_1 - k_2}{2} \frac{v^2}{2} \rho_H$$

# Воздухопроницаемость материалов

Воздухопроницаемость строительных материалов объясняется их пористостью.

Характер воздухопроницаемости выявляется по кривым расхода воздуха, получаемых экспериментально продувкой через образец материала.

# Типы кривых расхода воздуха



$$q = -\lambda \cdot \text{grad}t = -\lambda \frac{\tau_B - \tau_H}{\delta}$$

$$m = -\mu \cdot \text{grad}e = -\mu \frac{e_B - e_H}{\delta}$$

$$W = -i \cdot \text{grad}p = -i \frac{\Delta p}{\delta}$$

Коэффициент воздухопроницаемости  
материала

$$i = \frac{W \cdot \delta}{\Delta p} \left[ \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}} \right]$$

Коэффициенты воздухопроницаемости  $i$  некоторых строительных материалов  
(при  $\Delta p = 1$  мм вод. ст.)

Материал	Объемный вес в кг/м <sup>3</sup>	$i \cdot 10^3$ , кг/м·ч·мм вод. ст.
Гипсовые плиты . . . . .	1300	0,051
Бетон состава 1 : 2,5 : 3,5 . . . . .	2150	0,043
Минеральная вата . . . . .	—	435
Керамзитобетон . . . . .	1100	0,31
Кирпич глиняный обыкновенный . . . . .	1900	0,49
Автоклавный пенобетон . . . . .	670	0,52
Неавтоклавный пенобетон . . . . .	600	5,16
Цементный фибролит . . . . .	370	47,1
Топливный шлак в засыпке . . . . .	—	6380

# Сопротивление инфильтрации

$$R_{\text{и}} = \frac{\delta}{i} \left[ \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{кг}} \right]$$

$$R_{\text{и}} = \frac{\Delta p}{W}$$



	25. Плиты минераловатные жесткие	50	2		
	26. Рубероид	1,5	Воздухоне-		
10.	Кладка из легкогобетонных камней на цементно-песчаном растворе	400	13	29. Шлакобетон сплошной (без швов)	100 14
11.	Кладка из легкогобетонных камней на цементно-шлаковом растворе	400	1	30. Штукатурка цементно-песчаным раствором по каменной или кирпичной кладке	15 373
12.	Листы асбестоцементные с заделкой швов	6	196	31. Штукатурка известковая по каменной или кирпичной кладке	15 142
13.	Обои бумажные обычные	—	20	32. Штукатурка известково-гипсовая по дереву (по драни)	20 17
14.	Обшивка из обрезных досок, соединенных впритык или вчетверть	20 — 25	0,1	33. Керамзитобетон плотностью 900 кг/м <sup>3</sup>	250 — 400 13—17
15.	Обшивка из обрезных досок, соединенных в шпунт	20 — 25	1,5	34. То же, 1000 кг/м <sup>3</sup>	250 — 400 53 — 80
16.	Обшивка из досок двойная с прокладкой между обшивками строительной бумаги	50	98	35. То же, 1100-1300 кг/м <sup>3</sup>	250 — 450 390 — 590
				36. Шлакопемзобетон плотностью 1500 кг/м <sup>3</sup>	250 — 400 0,3

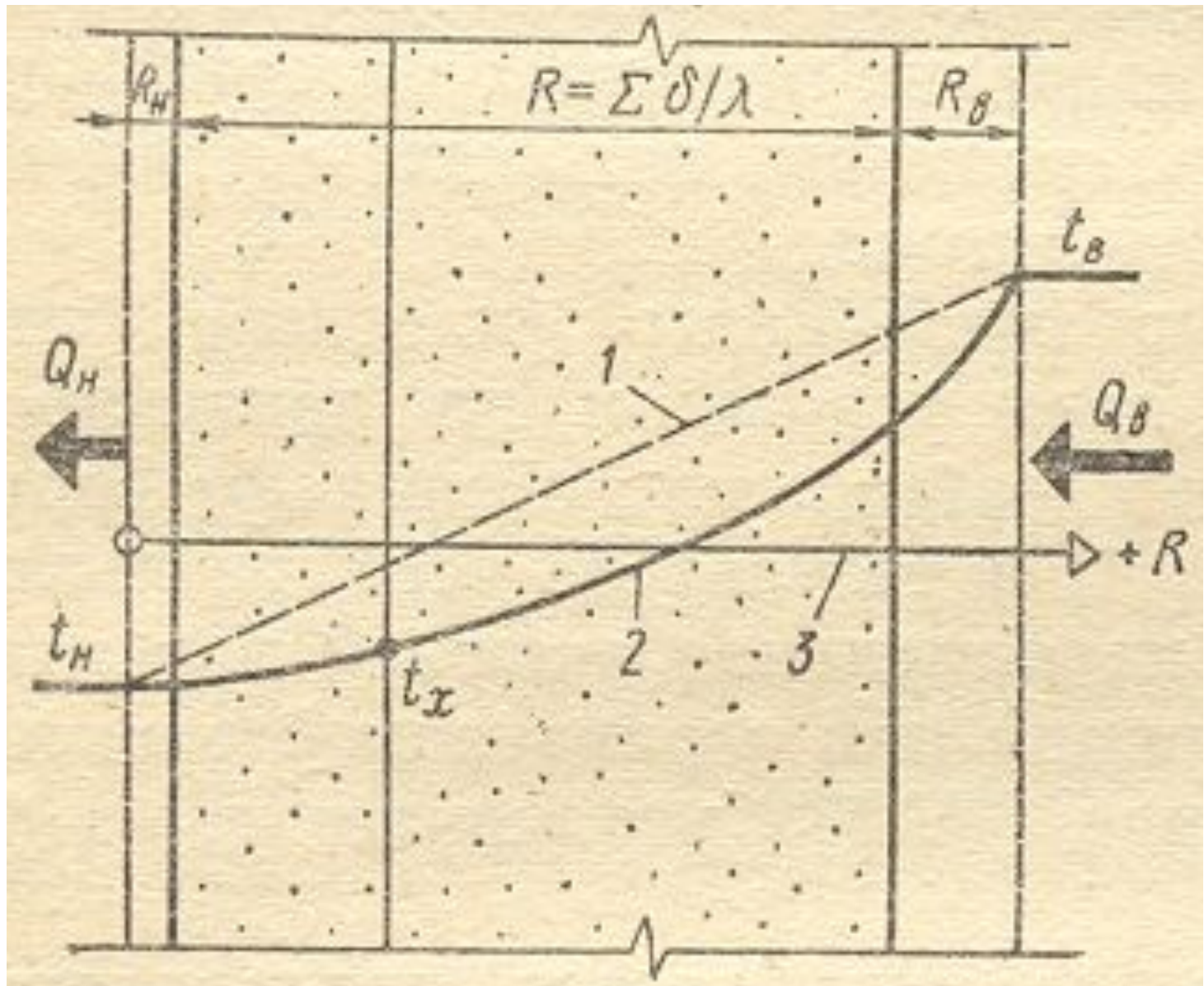
Примечания: 1. Для кладок из кирпича и камней с расшивкой швов на наружной поверхности приведенное в настоящем приложении сопротивление воздухопроницанию следует увеличивать на  $20 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/кг}$ .

2. Сопротивление воздухопроницанию воздушных прослоек и слоев ограждающих конструкций из сыпучих (шлака, керамзита, пемзы и т.п.), рыхлых и волокнистых (минеральной ваты, соломы, стружки и т.п.) материалов следует принимать равным нулю независимо от толщины слоя.

3. Для материалов и конструкций, не указанных в настоящем приложении, сопротивление воздухопроницанию следует определять экспериментально.

36. Шлакопемзобетон плот-	250 — 400	0,3
ностью 1500 кг/м <sup>3</sup>		

Ограждающие конструкции	Воздухопроницаемость $G^m$ , кг/(м <sup>2</sup> · ч), не более
1. Наружные стены, перекрытия и покрытия жилых, общественных, административных и бытовых зданий и помещений	0,5
2. Наружные стены, перекрытия и покрытия производственных зданий и помещений	1,0
3. Стыки между панелями наружных стен:	
а) жилых зданий	0,5
б) производственных зданий	1,0
4. Входные двери в квартиры	1,5
5. Окна и балконные двери жилых, общественных и бытовых зданий и помещений; окна производственных зданий с кондиционированием воздуха	6,0
6. Окна, двери и ворота производственных зданий	8,0
7. Зенитные фонари производственных зданий	10,0
<p>Примечание. Воздухопроницаемость стыков между панелями наружных стен жилых зданий должна быть не более 0,5 кг/(м · ч).</p>	



Изменение плотности теплового потока при наличии инфильтрации (стационарные условия)

$$q = -\lambda \frac{dt}{dx}$$

$$\frac{dq}{dx} = -\lambda \frac{d^2 t}{dx^2}$$

Изменение плотности теплового потока связаны с нагревом воздуха, проходящего через слой материала, на  $dt$  градусов

$$\frac{dq}{dx} = -Wc_{\text{В}} \frac{dt}{dx}$$

Дифференциальное уравнение температурного поля плоской ОК при инфильтрации

$$\lambda \frac{d^2 t}{dx^2} - W c_B \frac{dt}{dx} = 0$$

$$t_x = t_H + (t_v - t_H) \frac{e^{c_v W R_x} - 1}{e^{c_v W R_0} - 1}$$

- $R_0$  – сопротивление теплопередаче ОК при отсутствии фильтрации воздуха
- $R_x$  – термическое сопротивление наружной части ОК до рассматриваемой плоскости

Плотность теплового потока в произвольном сечении

$$q = \frac{c_v W e^{c_v W R_x}}{e^{c_v W R_0} - 1} (t_v - t_H)$$



Количество тепла, необходимого для нагревания холодного воздуха

$$q_v - q_n = c_v W (t_v - t_n)$$

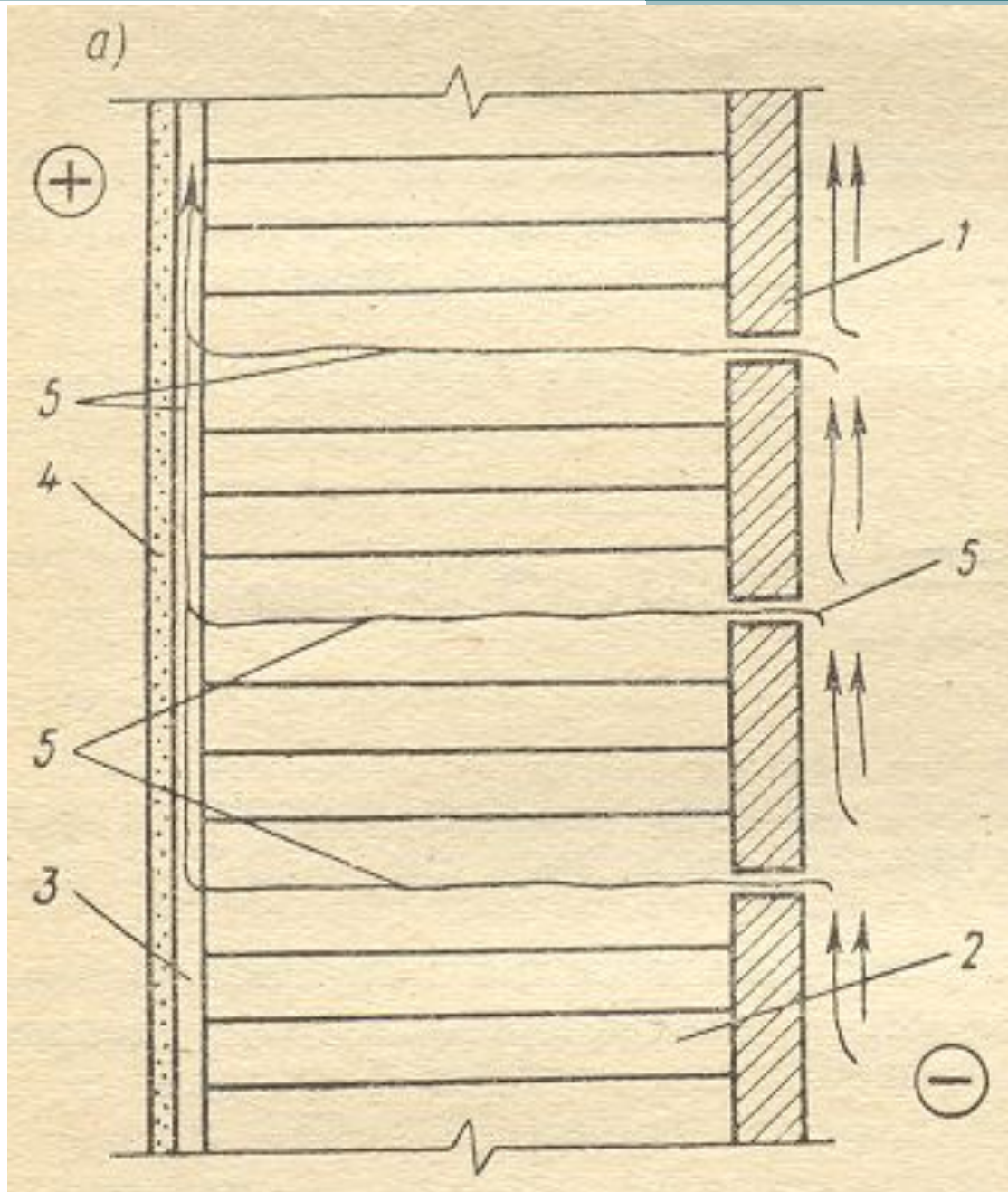
Сопротивление теплопередаче с  
учетом инфильтрации

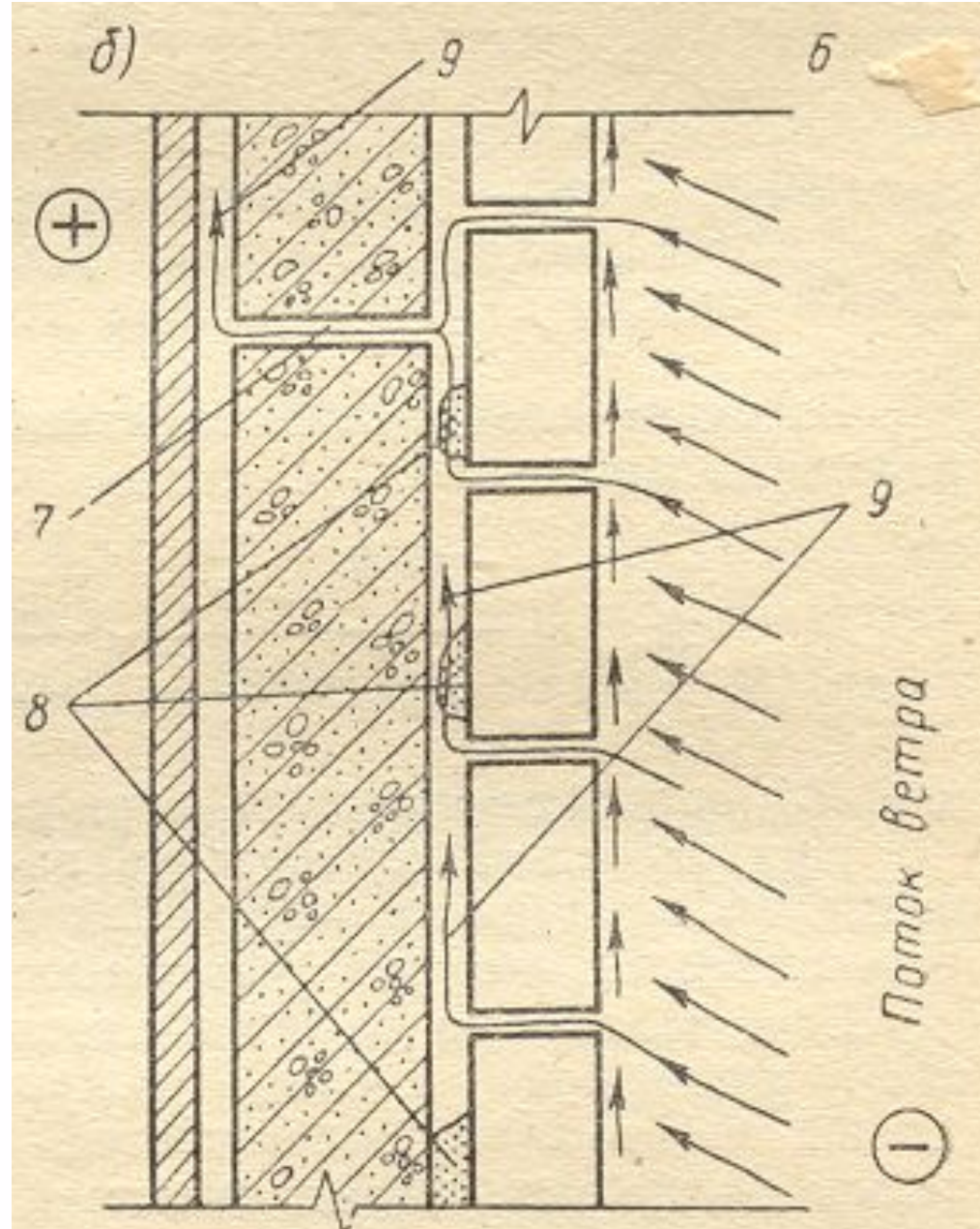
$$R_0^u = \frac{e^{c_v WR_0} - 1}{c_v W e^{c_v WR_0}}$$

$$R_0^u = \frac{1}{k_0 + c_v W}, \quad k_0 = \frac{1}{R_0}$$

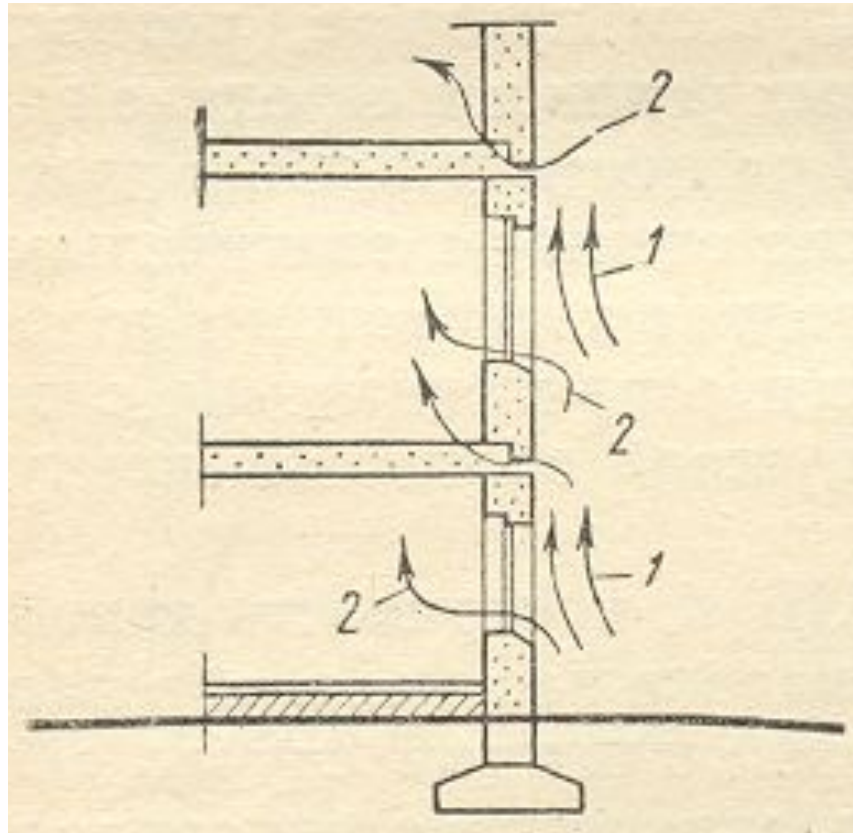
# Продольная фильтрация

Наружный воздух может проникать через поверхность в толщу ограждения и вызывать дополнительные потери тепла ограждением и охлаждение помещений





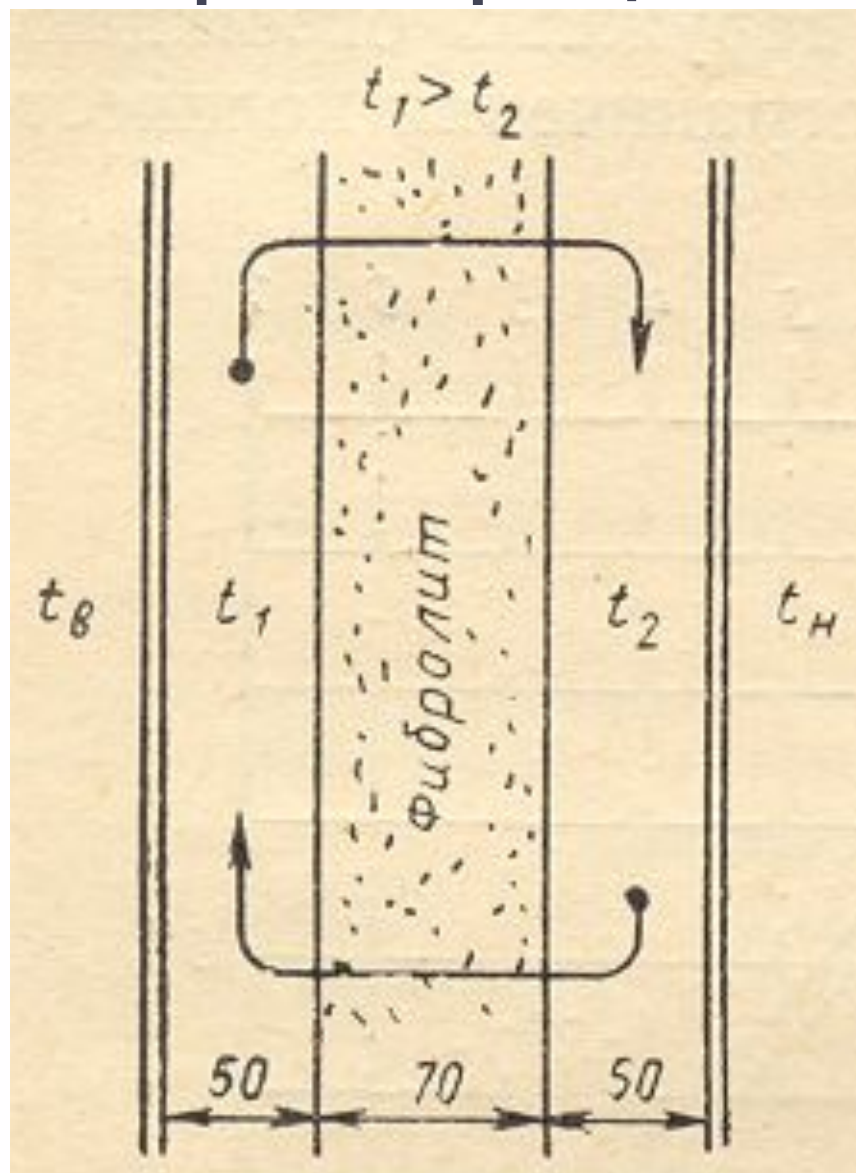
# Направление воздушных потоков у стен многоэтажных панельных зданий



1 – поток воздуха, направленный вверх у поверхности стен;

2 – сквозная фильтрация через стыки

# Внутренняя фильтрация



# Нестационарные условия

- **Теплоусвоение** – свойство поверхности ОК в большей или меньшей степени воспринимать тепло при периодических колебаниях теплового потока или температуры воздуха
- **Теплоустойчивость ограждения** – его способность сохранять относительное постоянство температуры внутренней поверхности при колебаниях температуры наружного воздуха