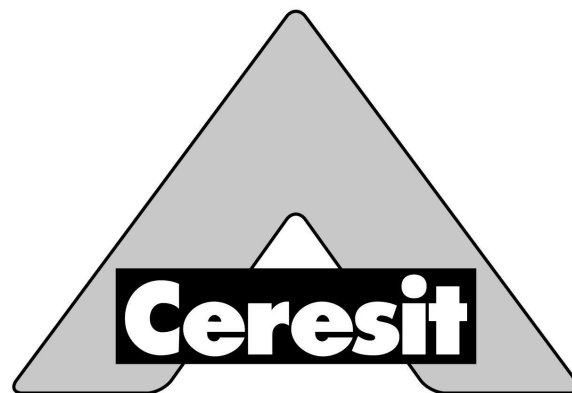


Henkel

*A Brand like a friend*



# Теория теплотехнического расчета систем теплоизоляции



**Теплопроводность**

# Коэффициент теплопроводности материала



$\lambda$

количество тепла в ккал или джоулях, которое проходит в единицу времени через 1 м<sup>2</sup> однородного ограждения толщиной 1м при разности температур на его поверхностях 1°С [Вт/мК]

0,04 Вт/мК для минплиты

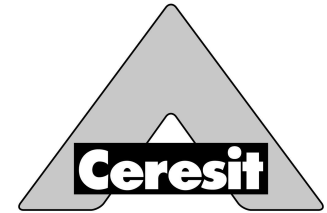
0,04 Вт/мК для пенополистирола

1,00 Вт/мК для тонкослойных штукатурок

0,25 Вт/мК для газобетона марки 500

4 03.1 Henkel Bautechnik

# Влагосодержание материала



$$\omega = \frac{P_{ВЛ} - P_{сух}}{P_{сух}} \times 100$$

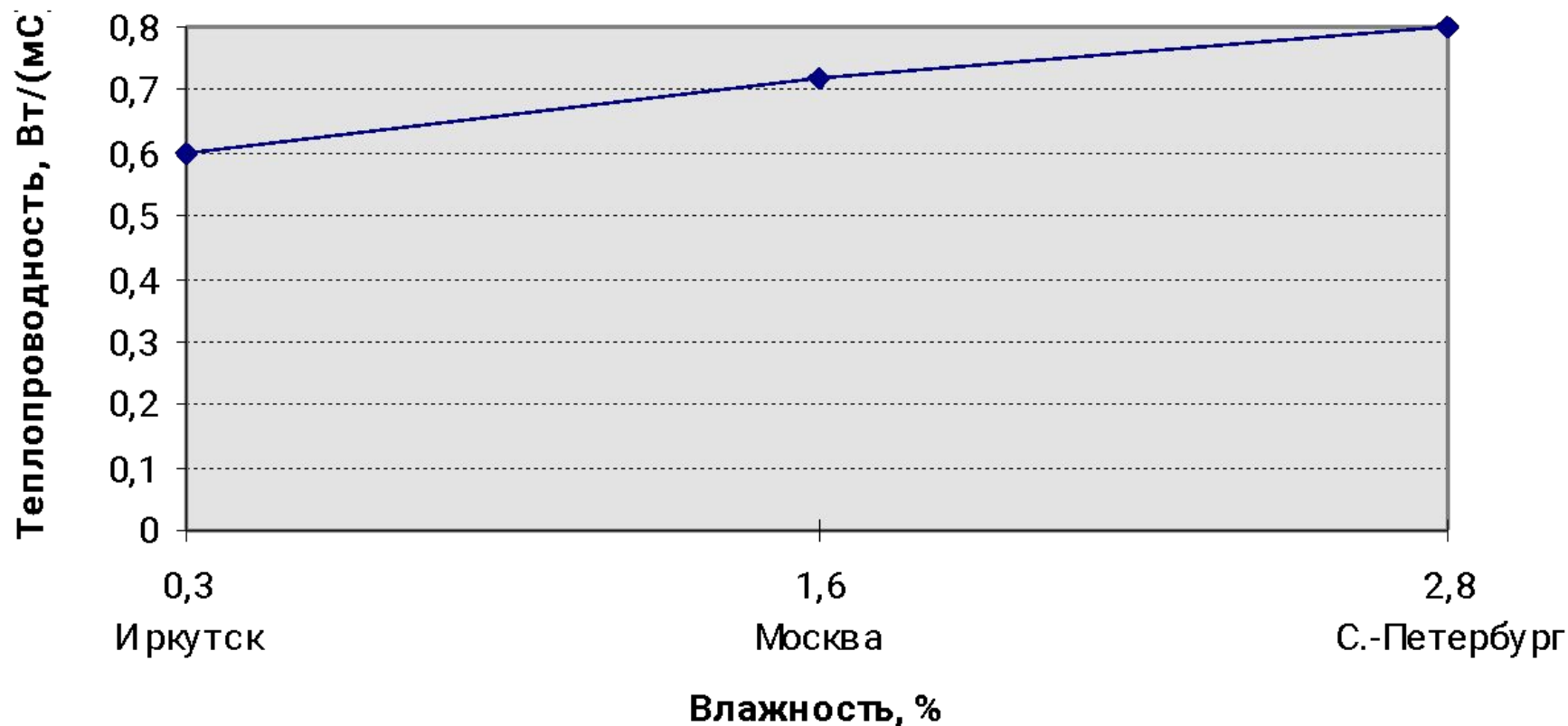
отношение массы влаги, содержащейся в пористом материале, к массе сухого материала [%]

- $\omega$  - влагосодержание
- $P_{сух}$  - масса сухого материала
- $P_{ВЛ}$  - масса влажного материала

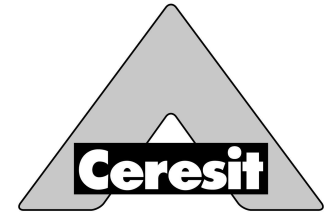
# Влагосодержание материала



**Изменение теплопроводности кладки из обыкновенного кирпича в зависимости от его влагосодержания**



# Термическое сопротивление материала



$$R = \frac{\sigma}{\lambda}$$

Сопротивление материала толщиной 1м и площадью 1 м<sup>2</sup> движению потока тепловой энергии [м<sup>2</sup>К/Вт]

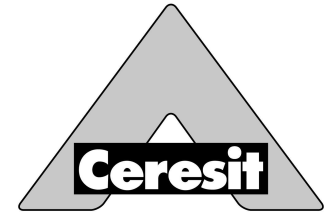
2,5 м<sup>2</sup>К/Вт для минплиты толщиной 10 см

2,5 м<sup>2</sup>К/Вт для пенополистирола толщиной 10 см

0,015 м<sup>2</sup>К/Вт для тонкослойных штукатурок толщиной 1,5 см

0,96 м<sup>2</sup>К/Вт для газобетона марки 500 толщиной 24 см

# Термическое сопротивление материала



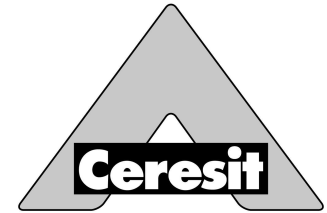
$$R = \frac{\sigma}{\lambda}$$

Термическое сопротивление слоистой конструкции равно сумме термических сопротивлений всех слоев.

$$R = \frac{\rho_1}{\lambda_1} + \frac{\rho_2}{\lambda_2} + \boxed{\times} + \frac{\rho_n}{\lambda_n}$$



# Термическая проницаемость материала



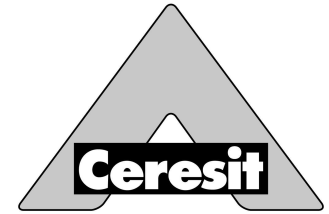
**DIN**

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R_{\lambda} + R_{se}}$$

Коэффициент  $U$ , величина обратно пропорциональная термическому сопротивлению, которая является мерой движения тепла через материал на площади  $1 \text{ м}^2$  при разнице температур с обеих его сторон.  $1^{\circ}\text{C}$  [Вт/м<sup>2</sup>К]

$R_{si}$  и  $R_{se}$  – коэффициенты теплоотдачи 0,04 и 0,13 Вт/м<sup>2</sup>К

# Количество тепла



$$Q = \tau_B - \tau_H \frac{\lambda}{\sigma} FZ$$

**Количество энергии проходящей через слой материала за единицу времени [ккал]**

$\lambda$  - коэффициент теплопроводности материала, [Вт/(м\*°С)];

$g$  - толщина ограждения, м;

$F$  - площадь ограждения, м<sup>2</sup> ;

$Z$  - время передачи тепла, ч(с).

# Сезонное потребление тепла



**DIN**

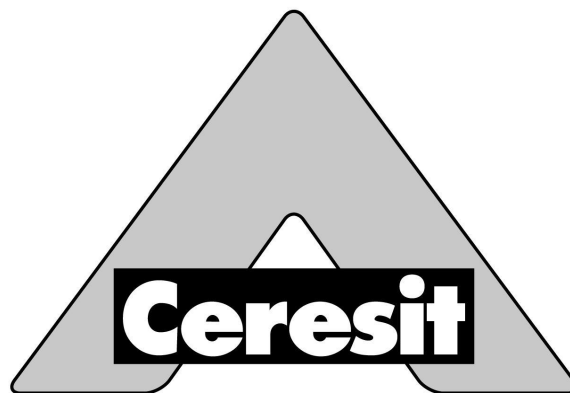
$$E = \frac{Q}{V} < E_o$$

Количество энергии потребляемой за отопительный сезон на 1 м<sup>3</sup> обогреваемого объёма здания [кВт ч/м<sup>3</sup>]

$E_o = 29$  кВт ч/м<sup>3</sup> для  $A/V < 0,2$

$E_o = 26,6 + 12 A/V$  кВт ч/м<sup>3</sup> для  $0,2 < A/V < 0,9$

$E_o = 37,4$  кВт ч/м<sup>3</sup> для  $A/V > 0,9$



**Паропроницаемость**

# Коэффициент паропроницаемости материала



**DIN**  $\delta$       **ISO**  $\mu$

Количество водяного пара, которое проходит через материал площадью 1 м<sup>2</sup> и толщиной 1 м за 1 ч при разнице давлений 1 Па [г/м ч Па]

480 x 10<sup>-6</sup> г/м ч Па для минплиты

12 x 10<sup>-6</sup> г/м ч Па для пенопласта

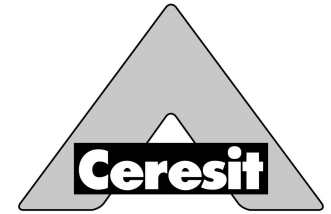
45 x 10<sup>-6</sup> г/м ч Па для цементно-известковых штукатурок

260 x 10<sup>-6</sup> г/м ч Па для газобетона марки 500

ок. 30 x 10<sup>-6</sup> г/м ч Па для тонкослойных минеральных штукатурок

ок. 3 x 10<sup>-6</sup> г/м ч Па для тонкослойных полимерных штукатурок

# Коэффициент относительного сопротивления диффузии



**DIN**

$$\mu = \frac{\delta_{\text{воздух}}}{\delta}$$

Отношение коэффициентов паропроницаемости воздуха и данного материала

**1,5** для минплиты

**59** для пенопласта

**16** для цементно-известковых штукатурок

**2,7** для газобетона марки 500

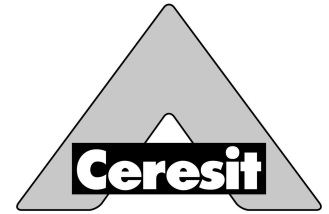
**ок. 25** для тонкослойных минеральных штукатурок

**ок. 250** для тонкослойных полимерных штукатурок

$\delta_{\text{возд}} = 710 \times 10^{-6}$  г/м ч Па при температуре +23°C

14 03.1 Henkel Bautechnik

# Сопротивление пароводяной диффузии



$$\text{DIN} \quad Z = \frac{d}{\delta} \quad \text{ISO} \quad R_n = \frac{\sigma}{\mu}$$

Сопротивление паропропонию слоя [d] материала  
площадью 1 м<sup>2</sup> [м<sup>2</sup> ч Па/г]

208 м<sup>2</sup> ч Па/г для минплиты толщиной 10 см

8333 м<sup>2</sup> ч Па/г для пенопласта толщиной 10 см

333 м<sup>2</sup> ч Па/г для цем.-изв. штукатурок толщиной 1,5 см

923 м<sup>2</sup> ч Па/г для газобетона марки 500 толщиной 24 см

ок. 67 м<sup>2</sup> ч Па/г для минеральных штукатурок толщиной 2 мм

ок. 667 м<sup>2</sup> ч Па/г для полимерных штукатурок толщиной 2 мм

# Относительное сопротивление диффузии



**DIN**       $s_d = \mu \cdot d$

Толщина слоя воздуха, эквивалентная сопротивлению диффузии пара для данного материала толщиной  $d$ , [м]

0,15 м для минплиты толщиной 10 см

5,9 м для пенопласта толщиной 10 см

0,24 м для цем.-изв. штукатурок толщиной 1,5 см

0,65 м для газобетона марки 500 толщиной 24 см

ок. 0,05 м для минеральных штукатурок толщиной 2 мм

ок. 0,5 м для полимерных штукатурок толщиной 2 мм



# Требуемая толщина теплоизоляции



Градусо-сутки отопительного  
периода (ГСОП)

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от.пер.}}) Z_{\text{от.пер.}}$$

Требуемое термическое  
сопротивление ( $R_0$ )

$$R = \frac{\sigma}{\lambda}$$

# Требуемая толщина теплоизоляции



## Расчетная схема стены.

1 – цементно-известковая штукатурка,

$\lambda_1 = 0,87 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ ;

2 – кирпичная кладка,

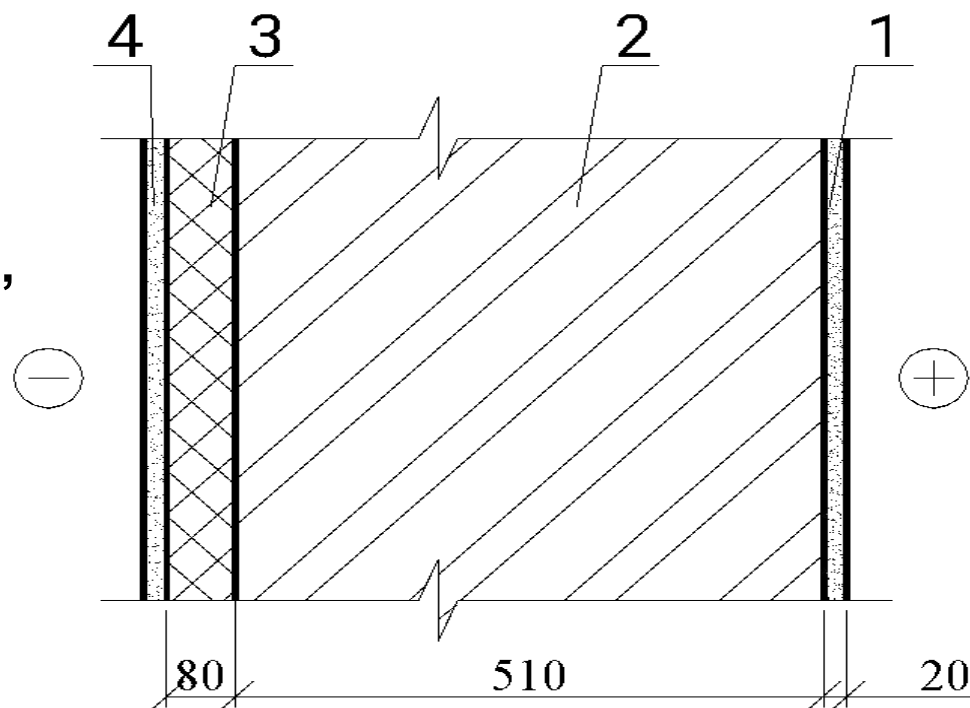
$\lambda_2 = 0,64 \text{ Вт/( м}\cdot\text{°C)}$ ;

3 – плита пенополистирола,

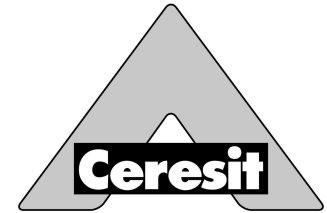
$\lambda_3 = 0,041 \text{ Вт/( м}\cdot\text{°C)}$ ;

4 – тонкослойная штукатурка,

$\lambda_4 = 0,87 \text{ Вт/( м}\cdot\text{°C)}$ .



# Требуемая толщина теплоизоляции

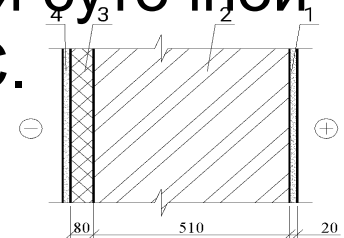


Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) по  
СНиП 23-01-99 «Строительная Климатология»

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от.пер.}}) Z_{\text{от.пер.}}$$

где:  $t_{\text{в}}$  – расчетная температура внутреннего воздуха,  
°С;

$t_{\text{от. пер.}}$ ,  $Z_{\text{от. пер.}}$  – средняя температура, °С и  
продолжительность, сут. периода со средней суточной  
температурой воздуха ниже или равной 8 °С.



# Требуемая толщина теплоизоляции



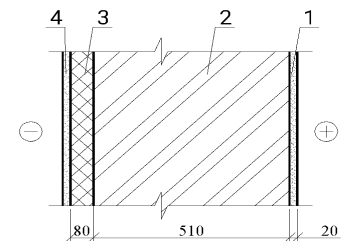
Требуемое термическое сопротивление ( $R_{тр}$ ) является функцией ГСОП

$$ГСОП = (18 + 3,1) \cdot 214 = 4600;$$

$$\text{Тогда: } R_{тр} = 2,58 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$$

$$R = \frac{\sigma}{\lambda}$$

$$\begin{aligned} R_o^{сущ} &= \frac{1}{\alpha_в} + R_{01} + R_{02} + \frac{1}{\alpha_н} = \\ &= \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,51}{0,64} + \frac{1}{23} = 0,96 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт} \end{aligned}$$

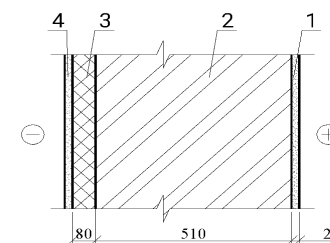


# Требуемая толщина теплоизоляции



- Требуется усиление теплозащитной способности стены на:

$$\Delta R = R_o^{mp} - R_o^{сущ} = 2,58 - 0,96 = 1,62 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$







# Текущие нормы по приведенному термическому сопротивлению



Здания и помещения	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций $R_{req}$ , $m^2 \text{ } ^\circ C/W$				
	стен	покрытий и перекрытий над проездами	перекрытий чердачных, над холодными подпольями и подвалами	окон и балконных дверей	фонарей
<b>Москва</b>					
Жилье, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	<b>3,13</b>	<b>4,68</b>	<b>4,13</b>	<b>0,53</b>	<b>0,38</b>
Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	<b>2,55</b>	<b>3,41</b>	<b>2,89</b>	<b>0,43</b>	<b>0,37</b>
Производственные с сухим и нормальным режимами	<b>1,90</b>	<b>2,63</b>	<b>1,91</b>	<b>0,32</b>	<b>0,27</b>



# Текущие нормы по приведенному термическому сопротивлению



Здания и помещения	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций $R_{req}$ , $M^2 \text{ } ^\circ C/Wt$				
	стен	покрытий и перекрытий над проездами	перекрытий чердачных, над холодными подпольями и подвалами	окон и балконных дверей	фонарей
<b>Санкт-Петербург</b>					
Жилье, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	<b>3,08</b>	<b>4,60</b>	<b>4,06</b>	<b>0,51</b>	<b>0,37</b>
Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	<b>2,51</b>	<b>3,35</b>	<b>2,83</b>	<b>0,42</b>	<b>0,36</b>
Производственные с сухим и нормальным режимами	<b>1,88</b>	<b>2,59</b>	<b>1,88</b>	<b>0,31</b>	<b>0,26</b>

# Текущие нормы по приведенному термическому сопротивлению



Здания и помещения	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций $R_{req}$ , $M^2 \text{ } ^\circ C/Wt$				
	стен	покрытий и перекрытий над проездами	перекрытий чердачных, над холодными подпольями и подвалами	окон и балконных дверей	фонарей
<b>Якутск</b>					
Жилье, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	<b>5,07</b>	<b>7,44</b>	<b>6,62</b>	<b>0,77</b>	<b>0,52</b>
Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	<b>4,17</b>	<b>5,56</b>	<b>4,76</b>	<b>0,70</b>	<b>0,50</b>
Производственные с сухим и нормальным режимами	<b>2,98</b>	<b>3,98</b>	<b>2,98</b>	<b>0,45</b>	<b>0,40</b>

# Текущие нормы по приведенному термическому сопротивлению

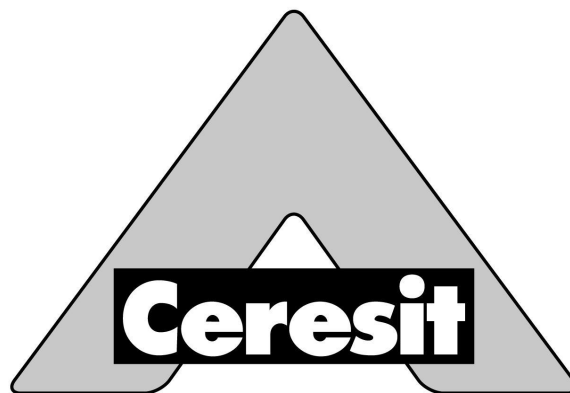


Здания и помещения	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций $R_{req}$ , $M^2 \text{ } ^\circ C/Wt$				
	стен	покрытий и перекрытий над проездами	перекрытий чердачных, над холодными подпольями и подвалами	окон и балконных дверей	фонарей
Новосибирск Жилье, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	<b>3,73</b>	<b>5,52</b>	<b>4,89</b>	<b>0,64</b>	<b>0,42</b>
Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	<b>3,05</b>	<b>4,06</b>	<b>3,45</b>	<b>0,51</b>	<b>0,41</b>
Производственные с сухим и нормальным режимами	<b>2,23</b>	<b>3,04</b>	<b>2,23</b>	<b>0,36</b>	<b>0,31</b>

# Текущие нормы по приведенному термическому сопротивлению

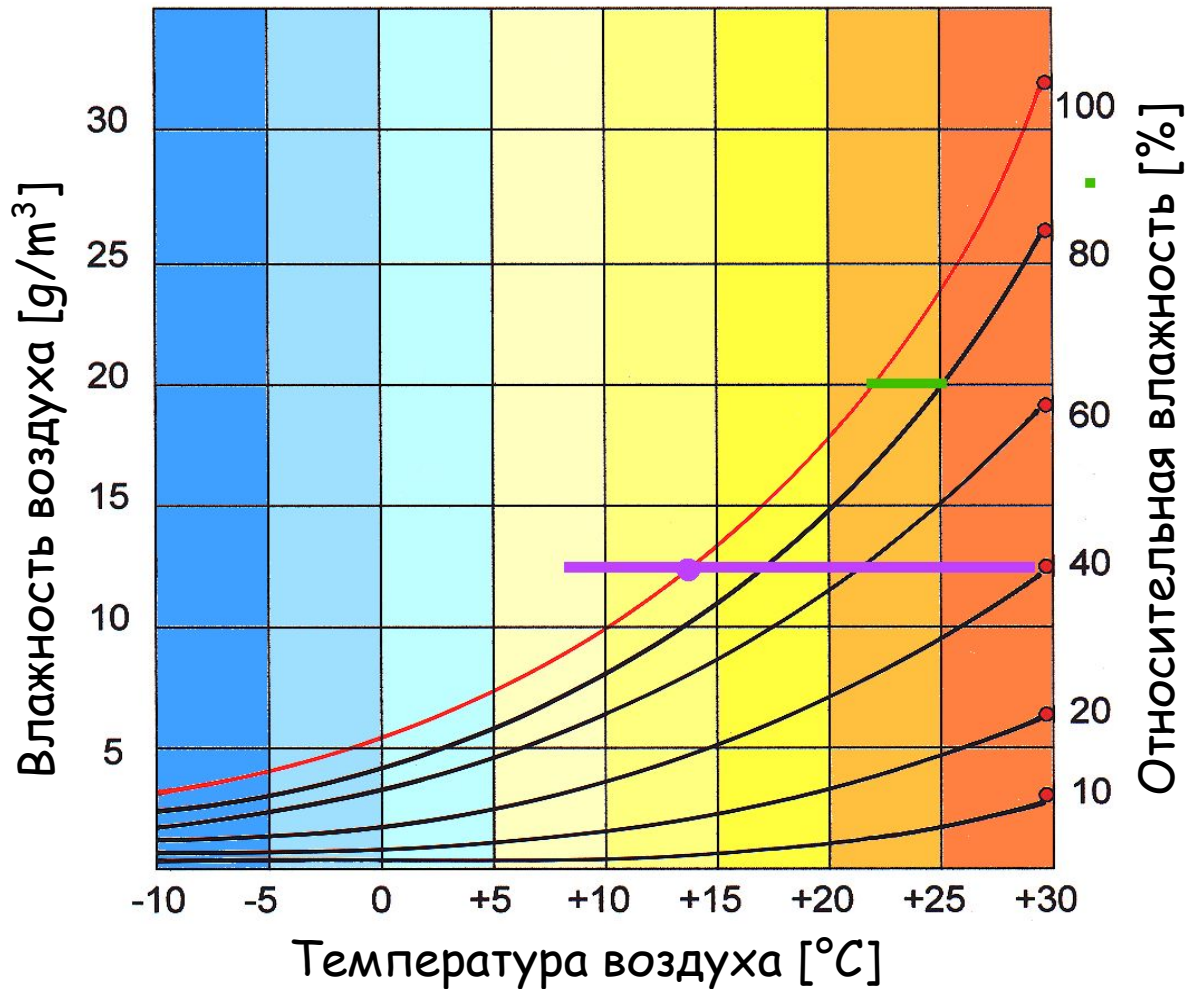


Здания и помещения	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций $R_{req}, \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$				
	стен	покрытий и перекрытий над проездами	перекрытий чердачных, над холодными подпольями и подвалами	окон и балконных дверей	фонарей
<b>Сочи</b>					
Жилье, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	<b>1,76</b>	<b>2,71</b>	<b>2,36</b>	<b>0,23</b>	<b>0,28</b>
Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	<b>1,46</b>	<b>1,94</b>	<b>1,60</b>	<b>0,25</b>	<b>0,28</b>
Производственные с сухим и нормальным режимами	<b>1,17</b>	<b>1,71</b>	<b>1,17</b>	<b>0,23</b>	<b>0,18</b>



## Синдром закрытых помещений

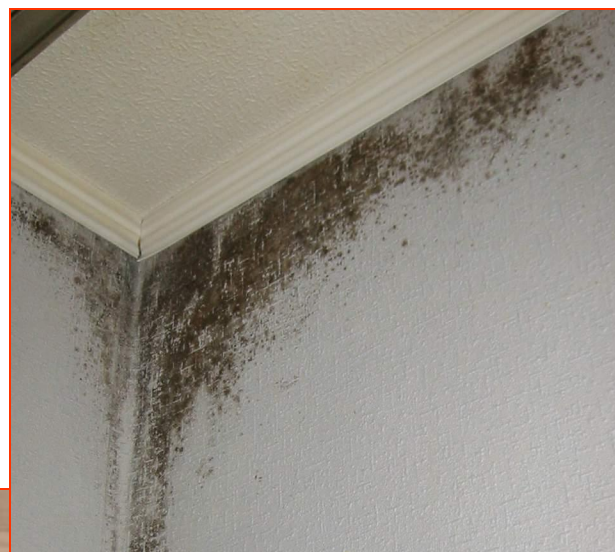
# Sick building syndrome (Синдром закрытых помещений)



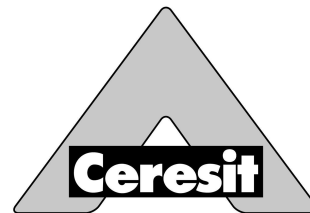
# Sick building syndrome (Синдром закрытых помещений)



Примеры различных стадий  
проявлений плесневого грибка



# Sick building syndrome (Синдром закрытых помещений)

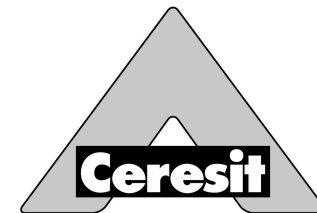


Развитие плесневого грибка в финальной стадии поражения.





# Sick building syndrome (Синдром закрытых помещений)



Развитие плесневого грибка в финальной стадии поражения.



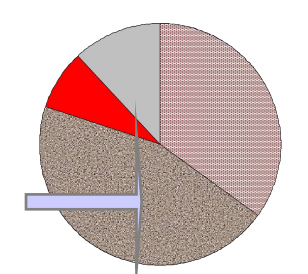
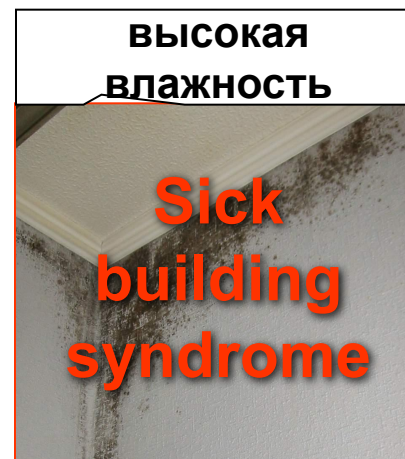
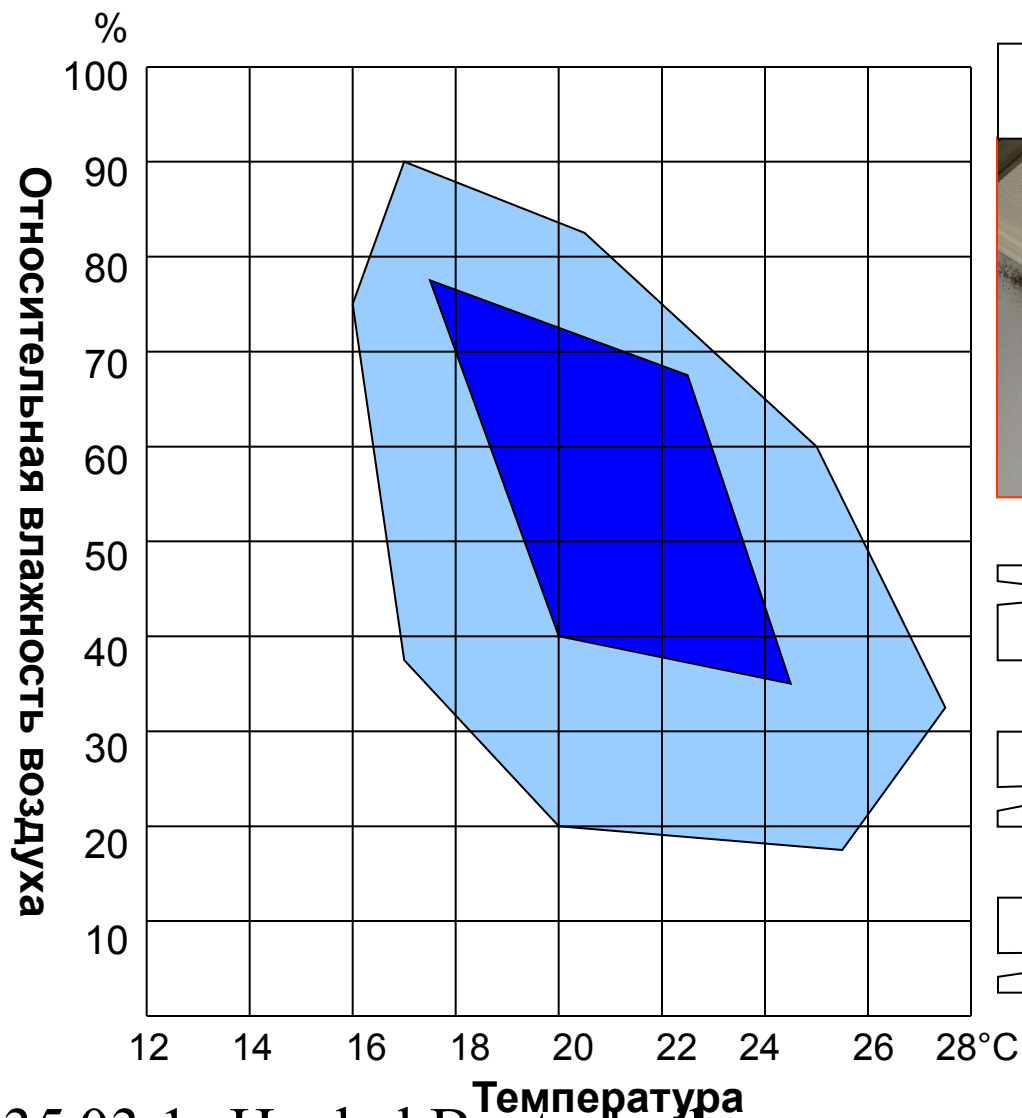
**Какой самый надежный способ достижения идеального микроклимата в помещениях и экономии тепловой энергии?**



**Белый медведь прекрасно себя чувствует в холодных условиях. Теплая меховая шуба надежно защищает его от лютых морозов и при этом не мешает коже дышать.**

**Достижение оптимального баланса влажности и температуры в помещениях с минимальными затратами на отопление.**

# Комфорт





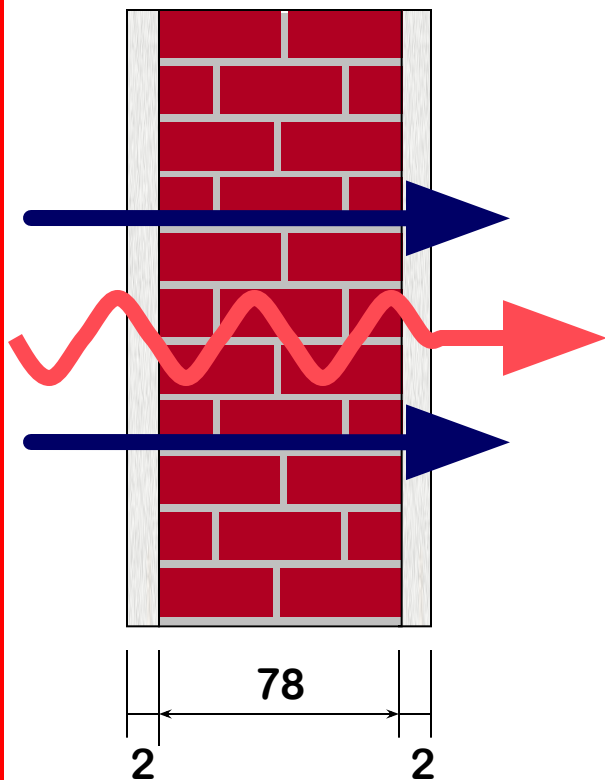
# Сравнительный обзор стеновых ограждающих конструкций

# Сравнительный обзор

Однородная  
ограждающая конструкция: **ISO**  
**DIN**

$$R_o = 1.2218$$

$$U = 0.8185$$



Паропроницаемость стены

Давление пара

1. Штукатурка – 2 см
2. Кирпич - 78 см
3. Штукатурка – 2 см

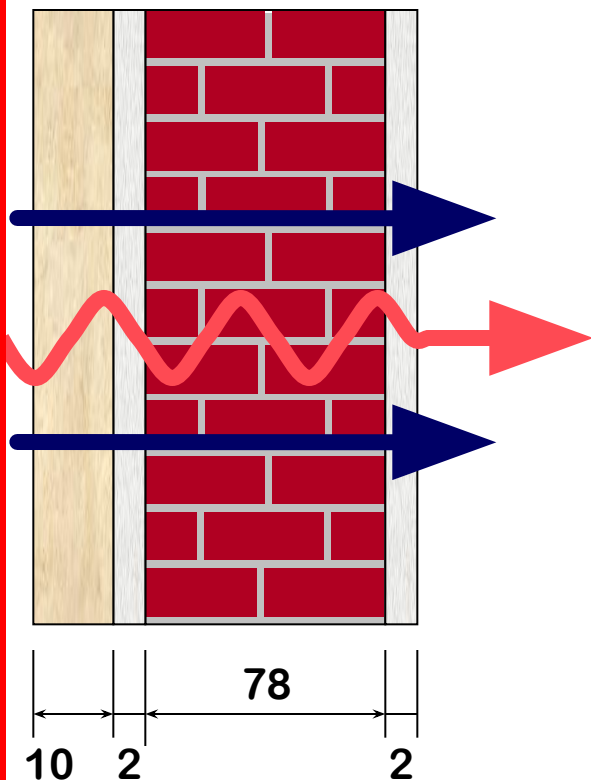
*Конденсация паров воды в стене (8 г). Накопление пара: 3667 г. Критическая температура: - 9°C*

# Сравнительный обзор

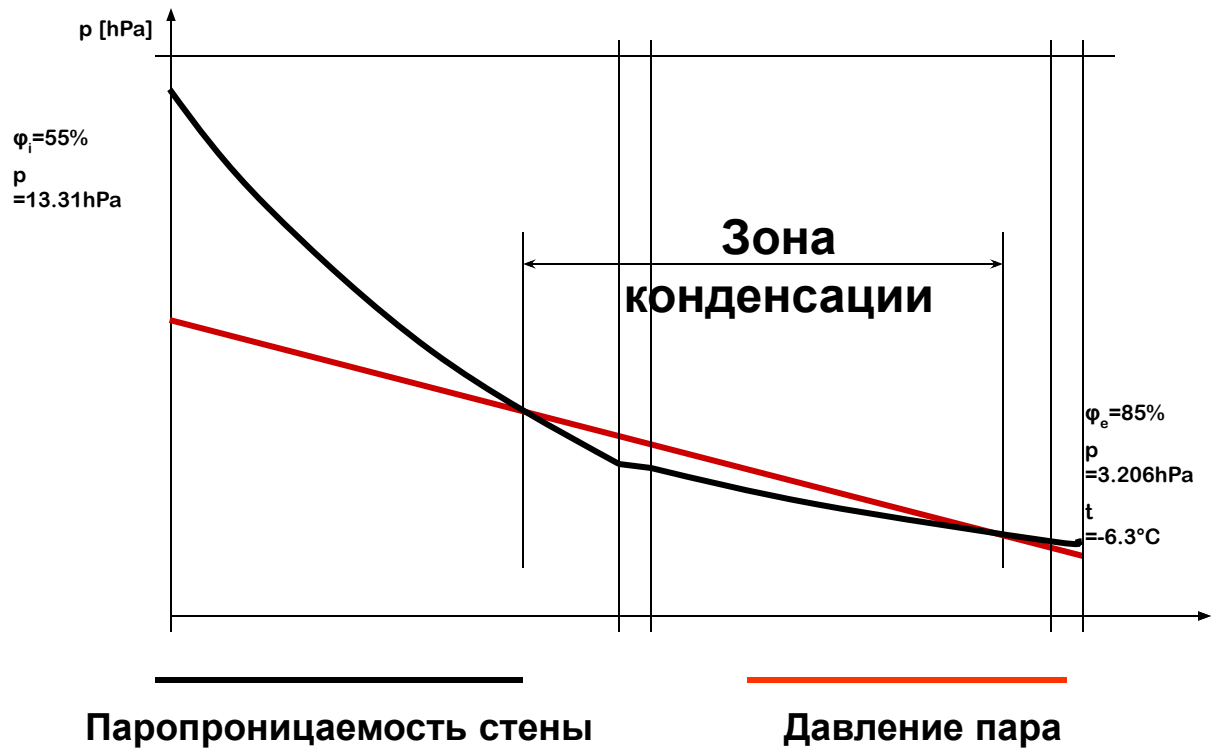
Теплоизоляция  
изнутри помещения:

**ISO**  
**DIN**

$R_o = 3.4435$   
 $U = 0.2904$

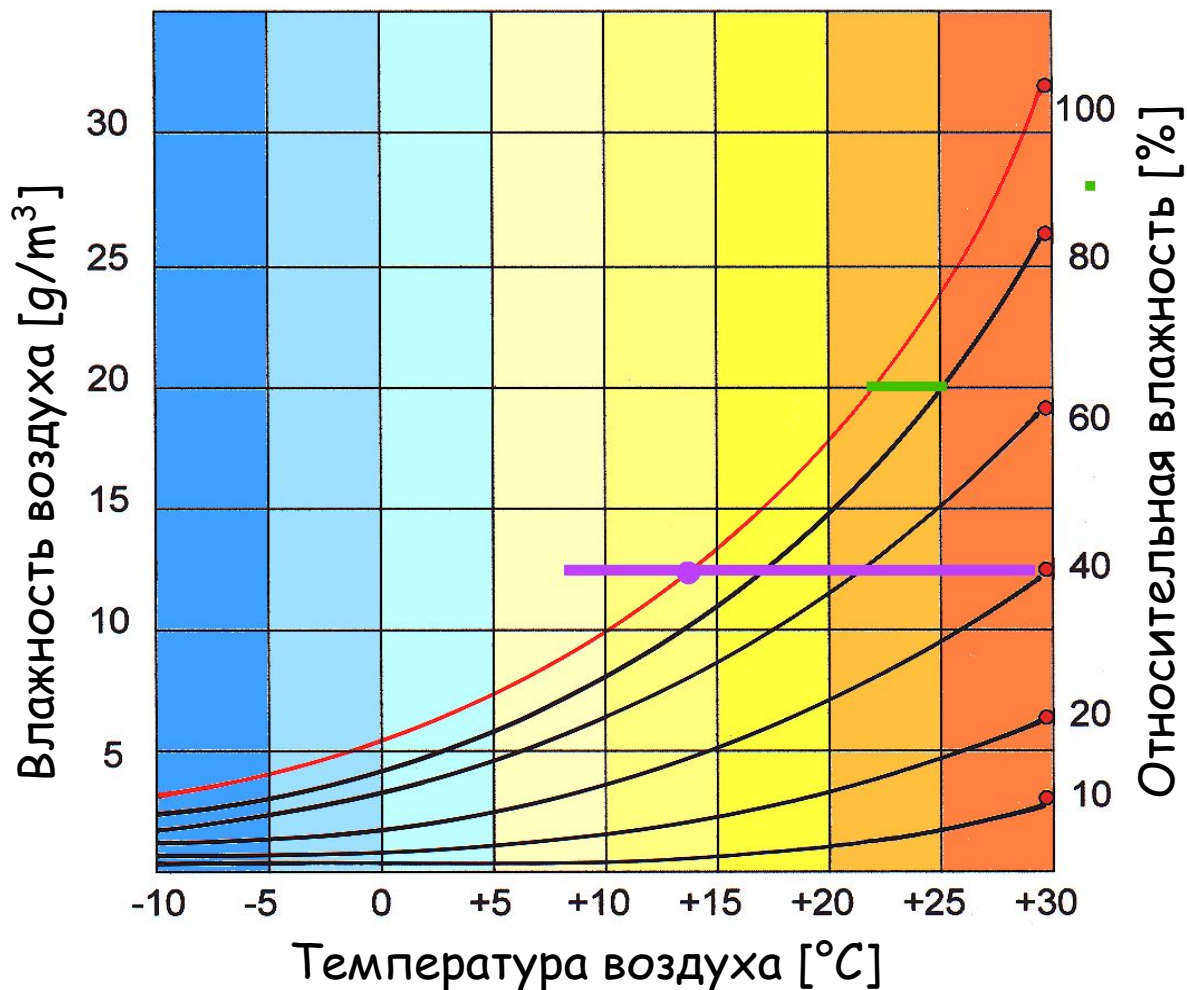


1. Пенопласт – 10 см
2. Штукатурка – 2 см
3. Кирпич - 78 см
4. Штукатурка – 2 см



*Конденсация паров воды в стене – 36г, Накопление пара: 1042 г. Критичная температура: - 2°С*

# Сравнительный обзор (образова конденсата)

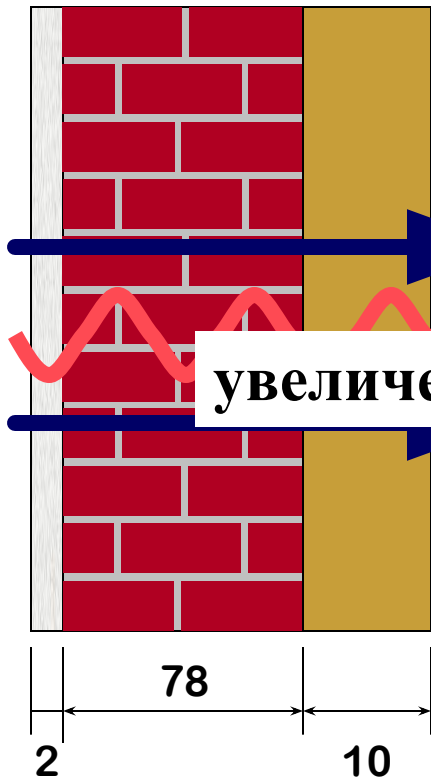


# Сравнительный обзор

Наружная  
теплоизоляция стен:

**ISO**  
**DIN**

$R_o = 3.3157$   
 $U = 0.3016$



**увеличение срока службы здания**



Паропроницаемость стены

Давление пара

1. Штукатурка - 2 см
2. Кирпич - 78 см
3. Минплита - 10 см

*Накопление паров воды не наблюдается.*

*Критическая температура: - 16°C*

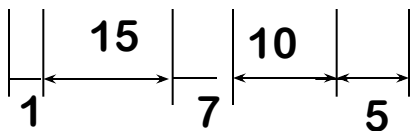
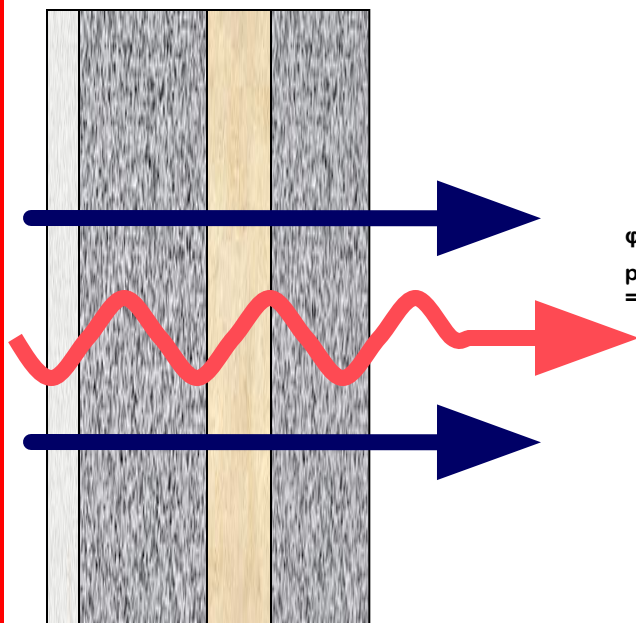


# Сравнительный обзор

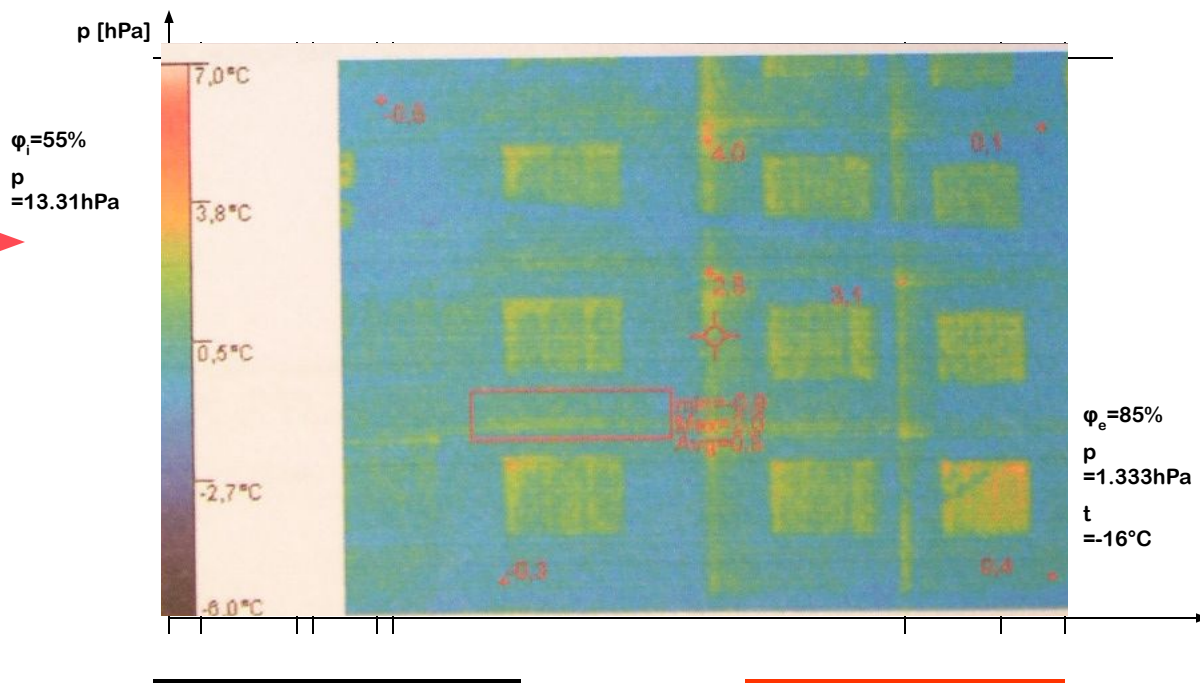
Трехслойные  
стенные панели:

**ISO**  
**DIN**

$R_o = 1.8228$   
 $U = 3.2616$



1. Плитка – 1 см
2. Железобетон – 15 см
3. Минплита - 7 см
4. Железобетон - 10 см



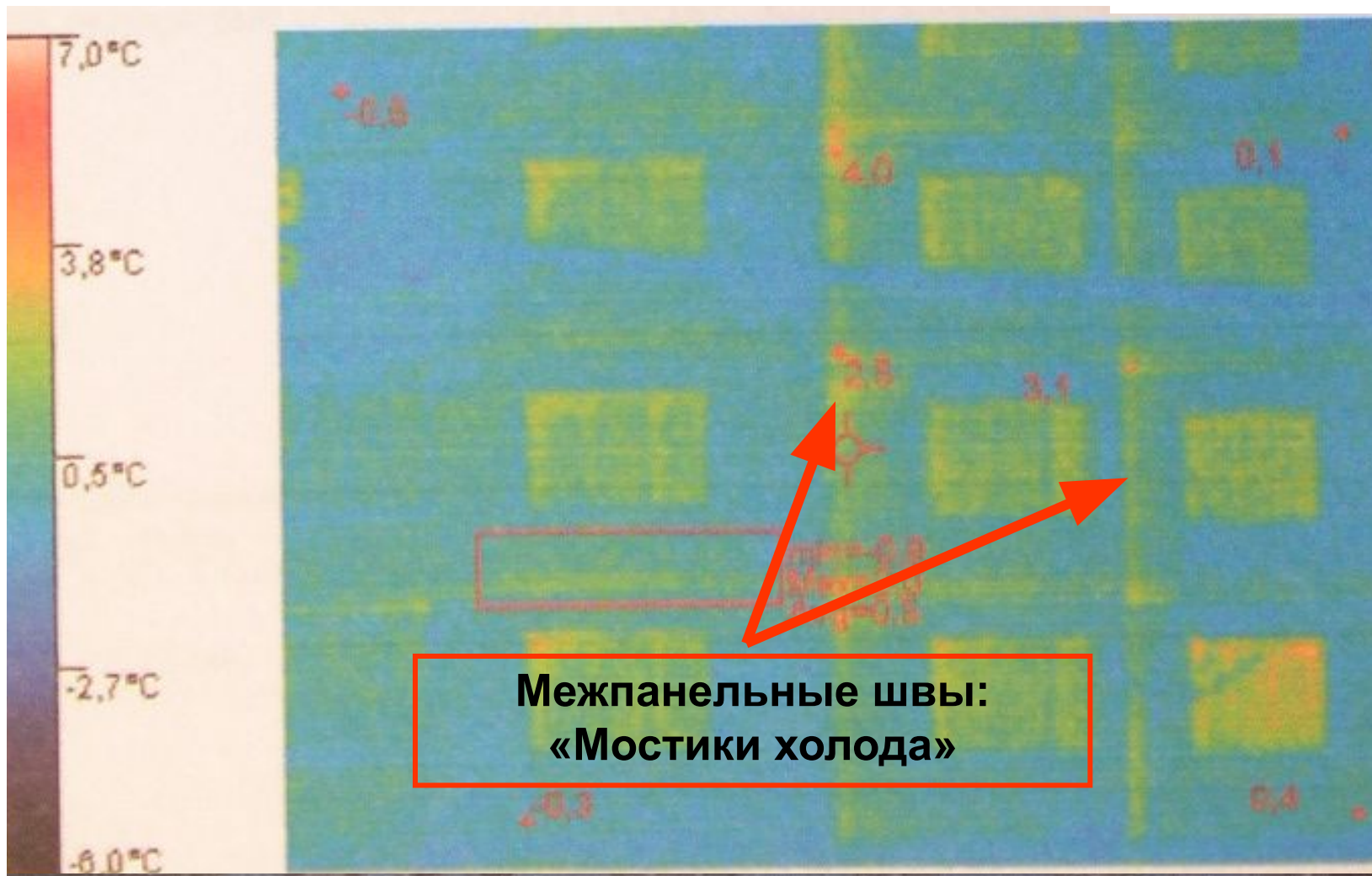
Паропроницаемость стены

Давление пара

*Конденсация паров воды в стене (660 г). Накопление пара: 6619 г. Критическая температура : + 3°C*

# Сравнительный обзор

Трехслойные  
стенные панели:



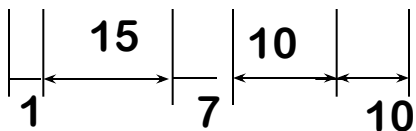
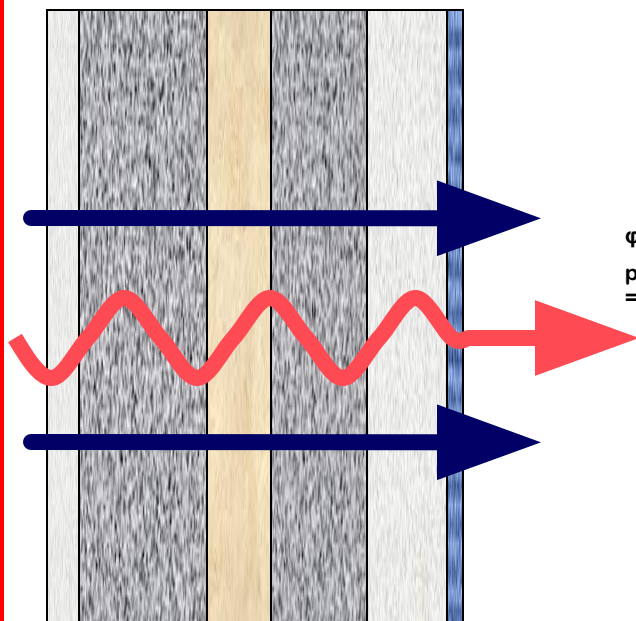
# Сравнительный обзор

Стеновые панели

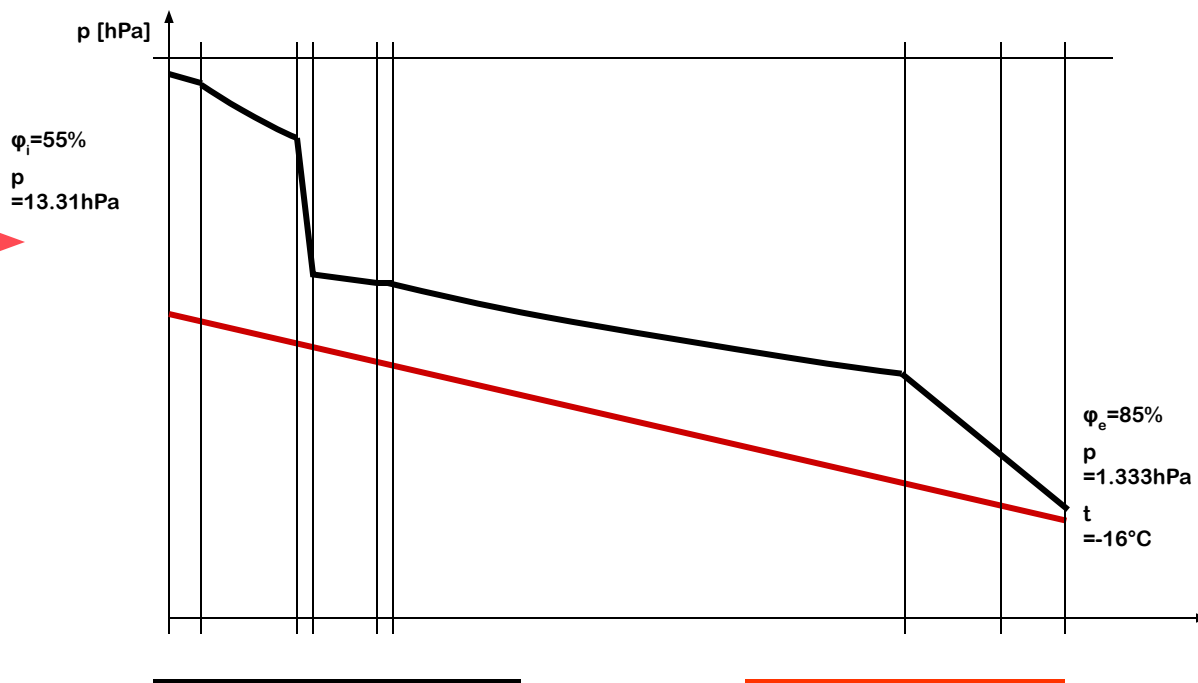
(наружная теплоизоляция): **ISO  
DIN**

$R_o = 3.4533$

$U = 0.2900$



1. Плитка – 1 см
2. Железобетон – 15 см
3. Минплита - 7 см
4. Железобетон - 10 см
5. Пенопласт – 10 см
6. Отделка



Паропроницаемость стены

Давление пара

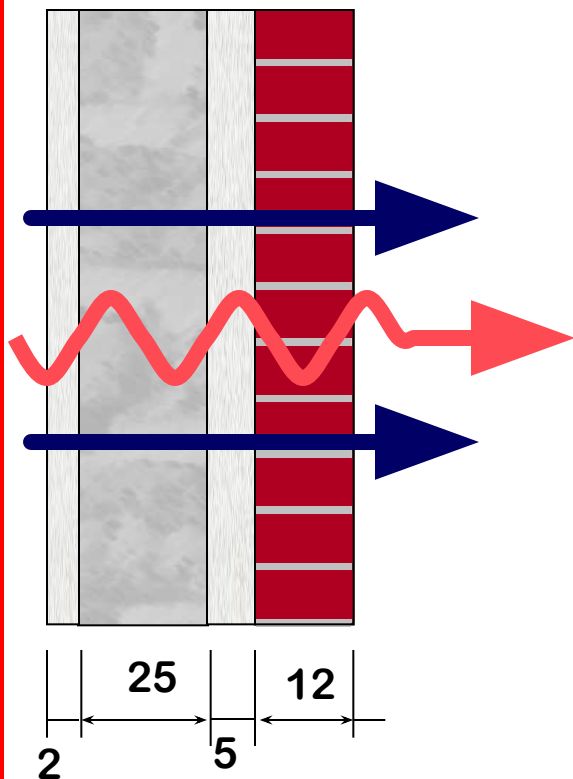
*Отсутствие конденсации пара в стене.*

# Сравнительный обзор

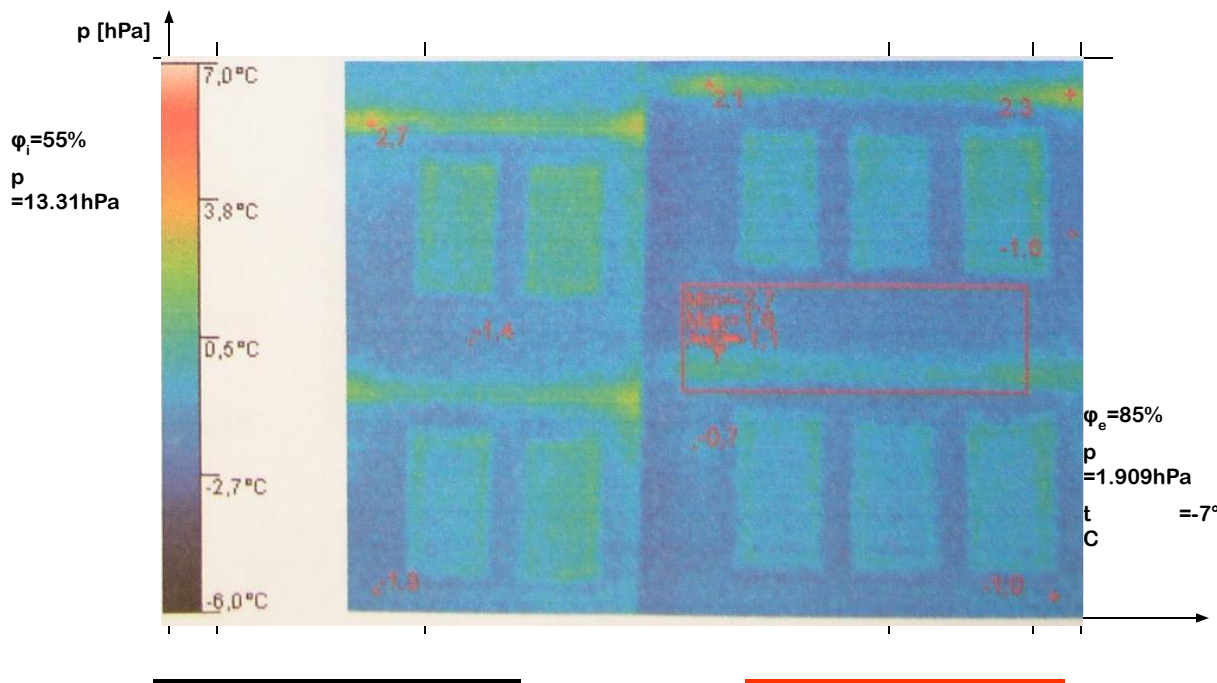
Многослойная кладка  
«колодезного» типа:

**ISO**  
**DIN**

$R_o = 1.8228$   
 $U = 0.5486$



1. Штукатурка – 2 см
2. Пенобетон – 25 см
3. Пенопласт - 5 см
4. Кирпич - 12 см



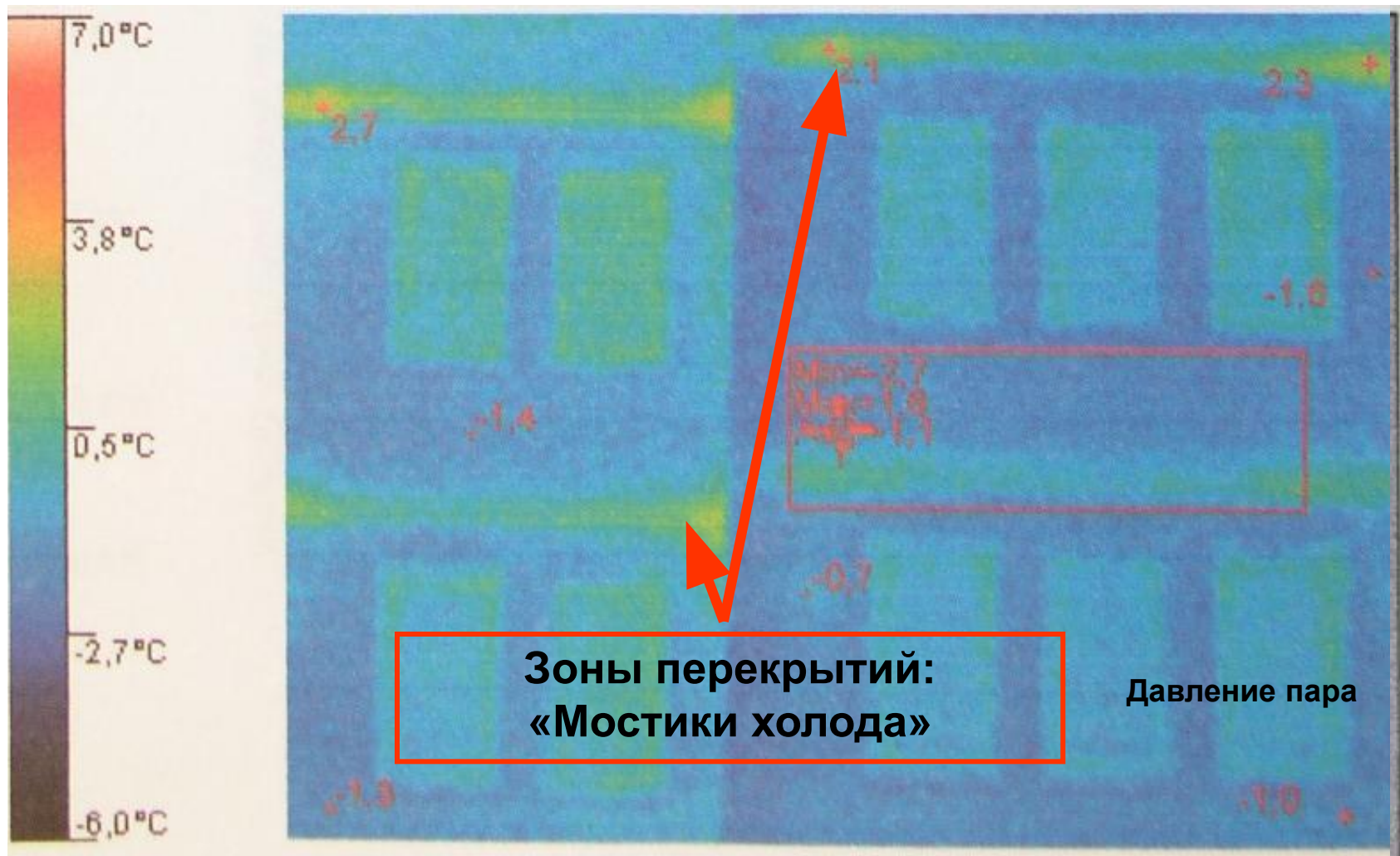
Паропроницаемость стены

Давление пара

*Конденсация паров воды в стене – 45г, Накопление пара:  
2557 г. Критическая температура: - 3°C.*

# Сравнительный обзор

Многослойная кладка  
«колодезного» типа:



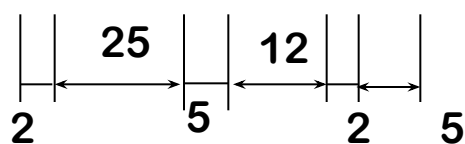
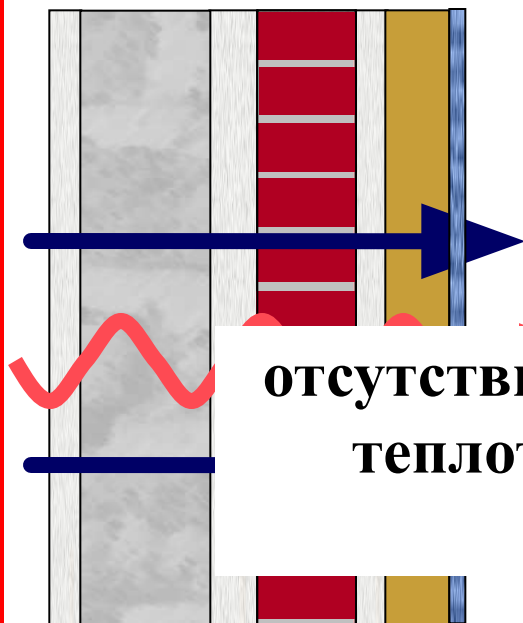
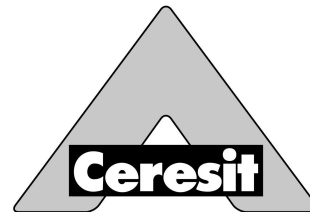
# Сравнительный обзор

Многослойная кладка

(наружная теплоизоляция): **ISO**  
**DIN**

$R_o = 2.8233$

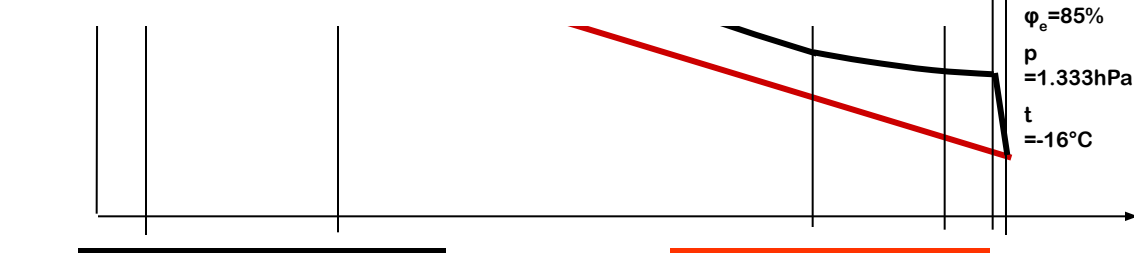
$U = 0.3542$



1. Штукатурка – 2 см
2. Пенобетон – 25 см
3. Пенопласт - 5 см
4. Кирпич - 12 см
5. Минплита – 5 см
6. Отделочный слой – 0,7 см



отсутствие «мостиков холода» - коэффициент  
теплотехнической однородности  **$r=0,96$**



Паропроницаемость стены

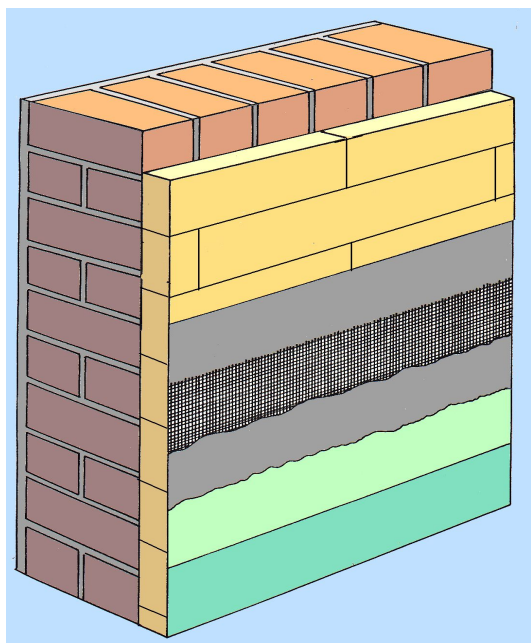
Давление пара

*Отсутствие конденсации пара в стене.*

# Сравнительный обзор (выбор систем Ceresit WM и VWS)



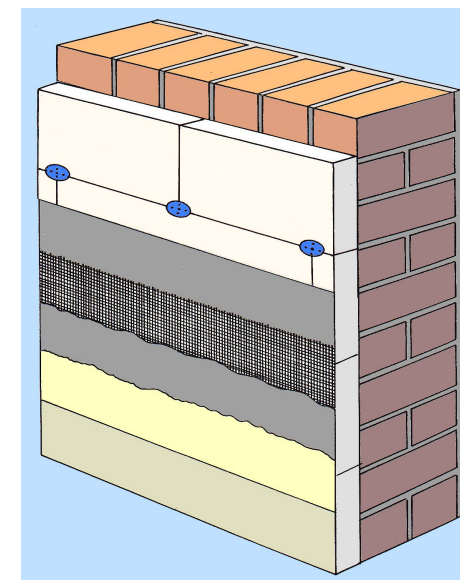
## Ceresit WM



Монолитный железобетон
Трехслойная панель
Полнотельный кирпич
Пустотельный кирпич
Керамзитобетон
Газобетон/пенобетон
Сосновый брус

- Подходит
- Подходит с ограничениями
- Не подходит

## Ceresit VWS



**ООО «Хенкель Баутехник»**

Henkel

*A Brand like a friend*

**Центральный офис:  
11141, Москва, Россия  
Зеленый пр-т, 3/10, стр.15**

**[www.ceresit.ru](http://www.ceresit.ru)**

**Тел.: (007 495) 745-2301  
Факс: (007 495) 745-2302**

