

Henkel

A Brand like a friend



Теория теплотехнического расчета систем теплоизоляции



Теплопроводность

Коэффициент теплопроводности материала



λ

количество тепла в ккал или джоулях, которое проходит в единицу времени через 1 м² однородного ограждения толщиной 1м при разности температур на его поверхностях 1°С [Вт/мК]

0,04 Вт/мК для минплиты

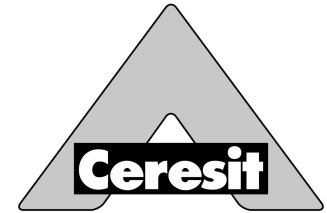
0,04 Вт/мК для пенополистирола

1,00 Вт/мК для тонкослойных штукатурок

0,25 Вт/мК для газобетона марки 500

4 03.1 Henkel Bautechnik

Влагосодержание материала

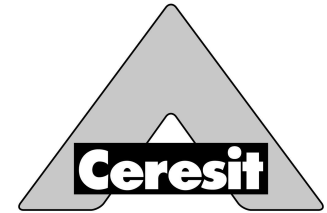


$$\omega = \frac{P_{ВЛ} - P_{сух}}{P_{сух}} \times 100$$

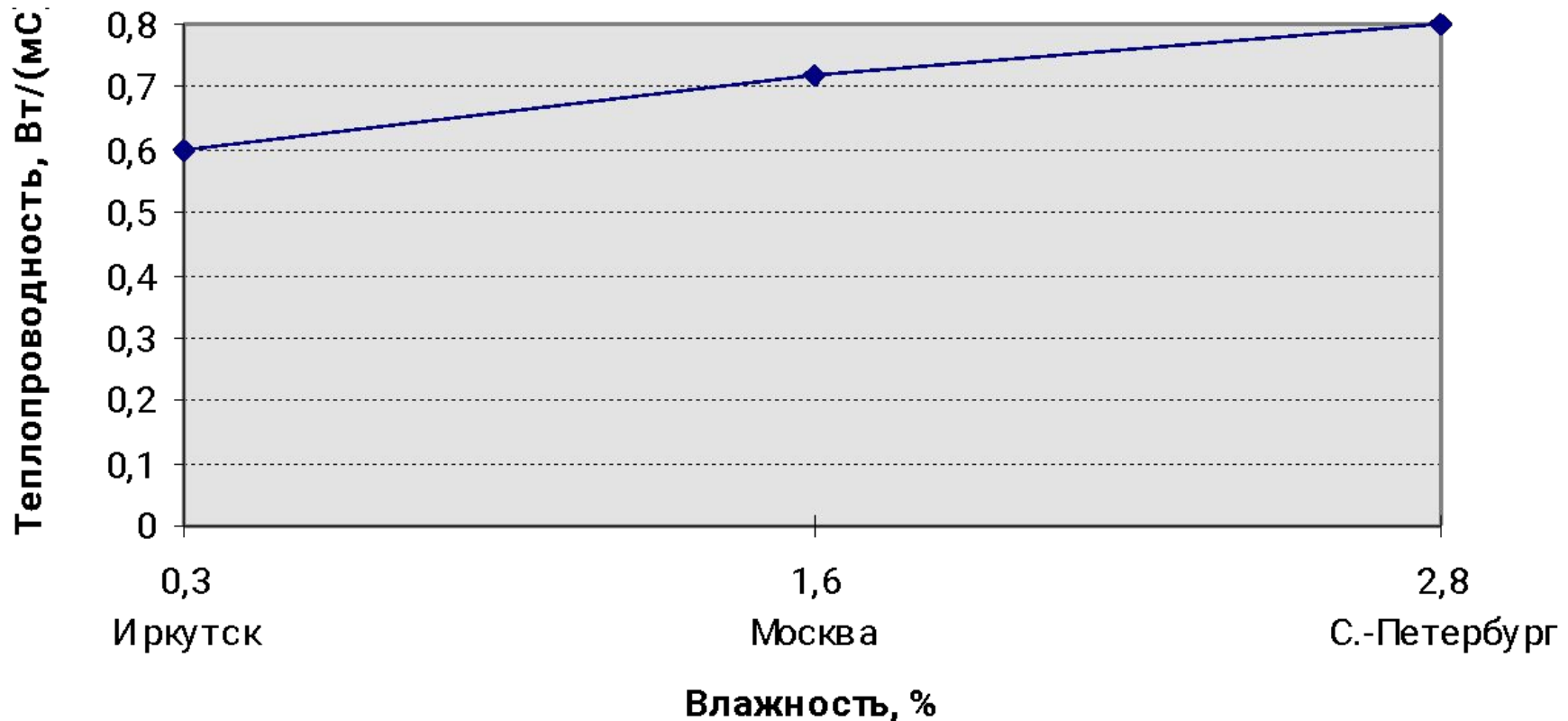
отношение массы влаги, содержащейся в пористом материале, к массе сухого материала [%]

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

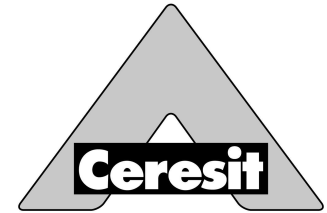
Влагосодержание материала



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 м² движению потока тепловой энергии [м²К/Вт]

2,5 м²К/Вт для минплиты толщиной 10 см

2,5 м²К/Вт для пенополистирола толщиной 10 см

0,015 м²К/Вт для тонкослойных штукатурок толщиной 1,5 см

0,96 м²К/Вт для газобетона марки 500 толщиной 24 см

Термическое сопротивление материала

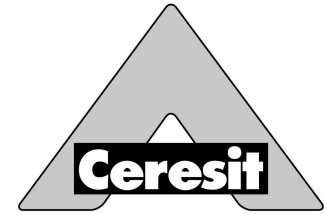


$$R = \frac{\sigma}{\lambda}$$

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



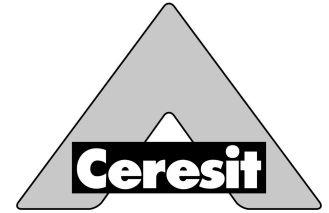
DIN

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

Коэффициент U , величина обратно пропорциональная термическому сопротивлению, которая является мерой движения тепла через материал на площади 1 м^2 при разнице температур с обеих его сторон. 1°C [Вт/м²К]

R_{si} и R_{se} – коэффициенты теплоотдачи 0,04 и 0,13 Вт/м²К

Количество тепла



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

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

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

g - толщина ограждения, м;

F - площадь ограждения, м² ;

Z - время передачи тепла, ч(с).

Сезонное потребление тепла



DIN

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

Количество энергии потребляемой за отопительный сезон на 1 м³ обогреваемого объёма здания [кВт ч/м³]

$E_o = 29$ кВт ч/м³ для $A/V < 0,2$

$E_o = 26,6 + 12 A/V$ кВт ч/м³ для $0,2 < A/V < 0,9$

$E_o = 37,4$ кВт ч/м³ для $A/V > 0,9$



Паропроницаемость

Коэффициент паропроницаемости материала



DIN δ **ISO** μ

Количество водяного пара, которое проходит через материал площадью 1 м² и толщиной 1 м за 1 ч при разнице давлений 1 Па [г/м ч Па]

480 x 10⁻⁶ г/м ч Па для минплиты

12 x 10⁻⁶ г/м ч Па для пенопласта

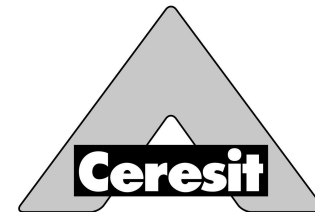
45 x 10⁻⁶ г/м ч Па для цементно-известковых штукатурок

260 x 10⁻⁶ г/м ч Па для газобетона марки 500

ок. 30 x 10⁻⁶ г/м ч Па для тонкослойных минеральных штукатурок

ок. 3 x 10⁻⁶ г/м ч Па для тонкослойных полимерных штукатурок

Коэффициент относительного сопротивления диффузии



DIN

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

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 паропроцанию слоя [d] материала площадью 1 м² [м² ч Па/г]

208 м² ч Па/г для минплиты толщиной 10 см

8333 м² ч Па/г для пенопласта толщиной 10 см

333 м² ч Па/г для цем.-изв. штукатурок толщиной 1,5 см

923 м² ч Па/г для газобетона марки 500 толщиной 24 см

ок. 67 м² ч Па/г для минеральных штукатурок толщиной 2 мм

ок. 667 м² 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,

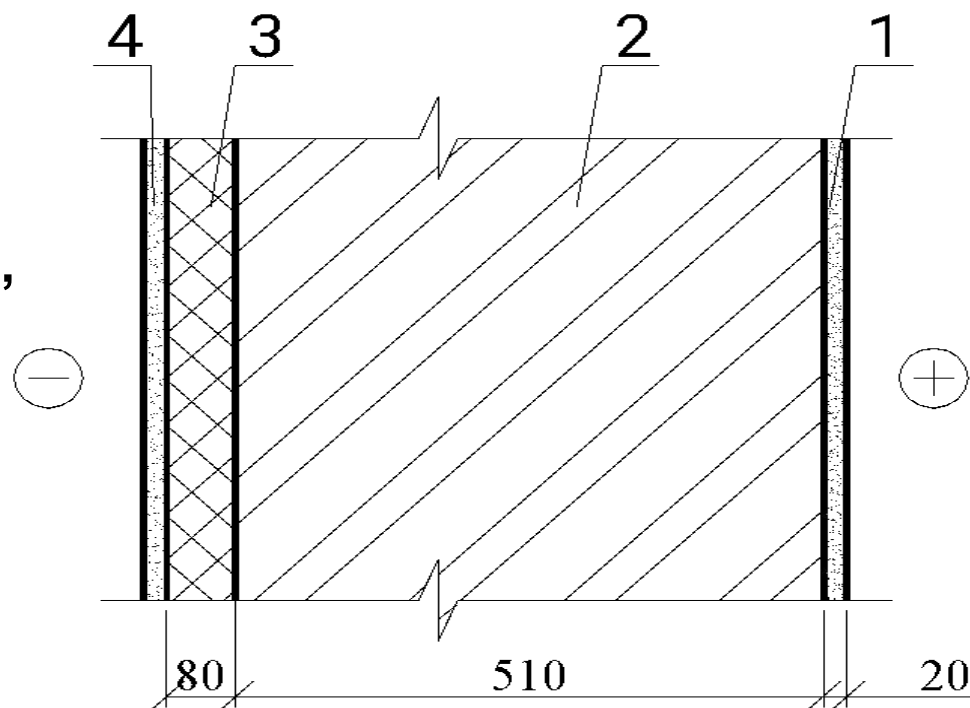
$\lambda_2 = 0,64 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$;

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

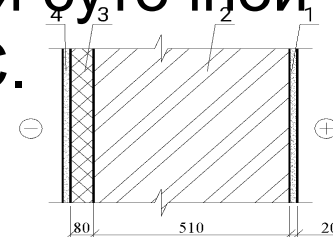


Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) по
СНиП 23-01-99 «Строительная Климатология»

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

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



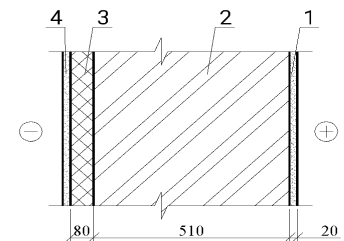
Требуемое термическое сопротивление ($R_{тр}$) является функцией ГСОП

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

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

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

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

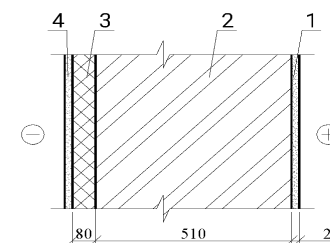


Требуемая толщина теплоизоляции



- Требуется усиление теплозащитной способности стены на:

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



Требуемая толщина теплоизоляции



а за вычетом R защитно-декоративного слоя,

равного $0,045$

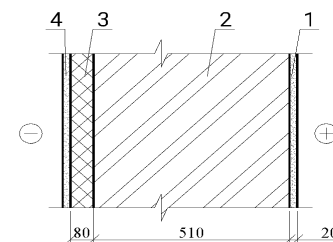
$$R_{04} = \frac{0,045}{0,87} = 0,005$$

$\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$, получаем

$$\Delta R = 1,62 - 0,005 = 1,615 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

Толщина слоя дополнительной теплоизоляции при $\lambda_3 = 0,041$ $\text{Вт} / (\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ и коэффициенте теплотехнической однородности $r = 0,92$ составит:

$$\delta = \Delta R \cdot \frac{\lambda}{r} = 1,615 \cdot \frac{0,041}{0,92} = 0,072; \text{ м}$$



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
Москва					
Жилье, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	3,13	4,68	4,13	0,53	0,38
Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	2,55	3,41	2,89	0,43	0,37
Производственные с сухим и нормальным режимами	1,90	2,63	1,91	0,32	0,27

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
Санкт-Петербург					
Жилье, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	3,08	4,60	4,06	0,51	0,37
Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	2,51	3,35	2,83	0,42	0,36
Производственные с сухим и нормальным режимами	1,88	2,59	1,88	0,31	0,26

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
Якутск					
Жилье, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	5,07	7,44	6,62	0,77	0,52
Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	4,17	5,56	4,76	0,70	0,50
Производственные с сухим и нормальным режимами	2,98	3,98	2,98	0,45	0,40

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	3,73	5,52	4,89	0,64	0,42
Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	3,05	4,06	3,45	0,51	0,41
Производственные с сухим и нормальным режимами	2,23	3,04	2,23	0,36	0,31

Текущие нормы по приведенному термическому сопротивлению

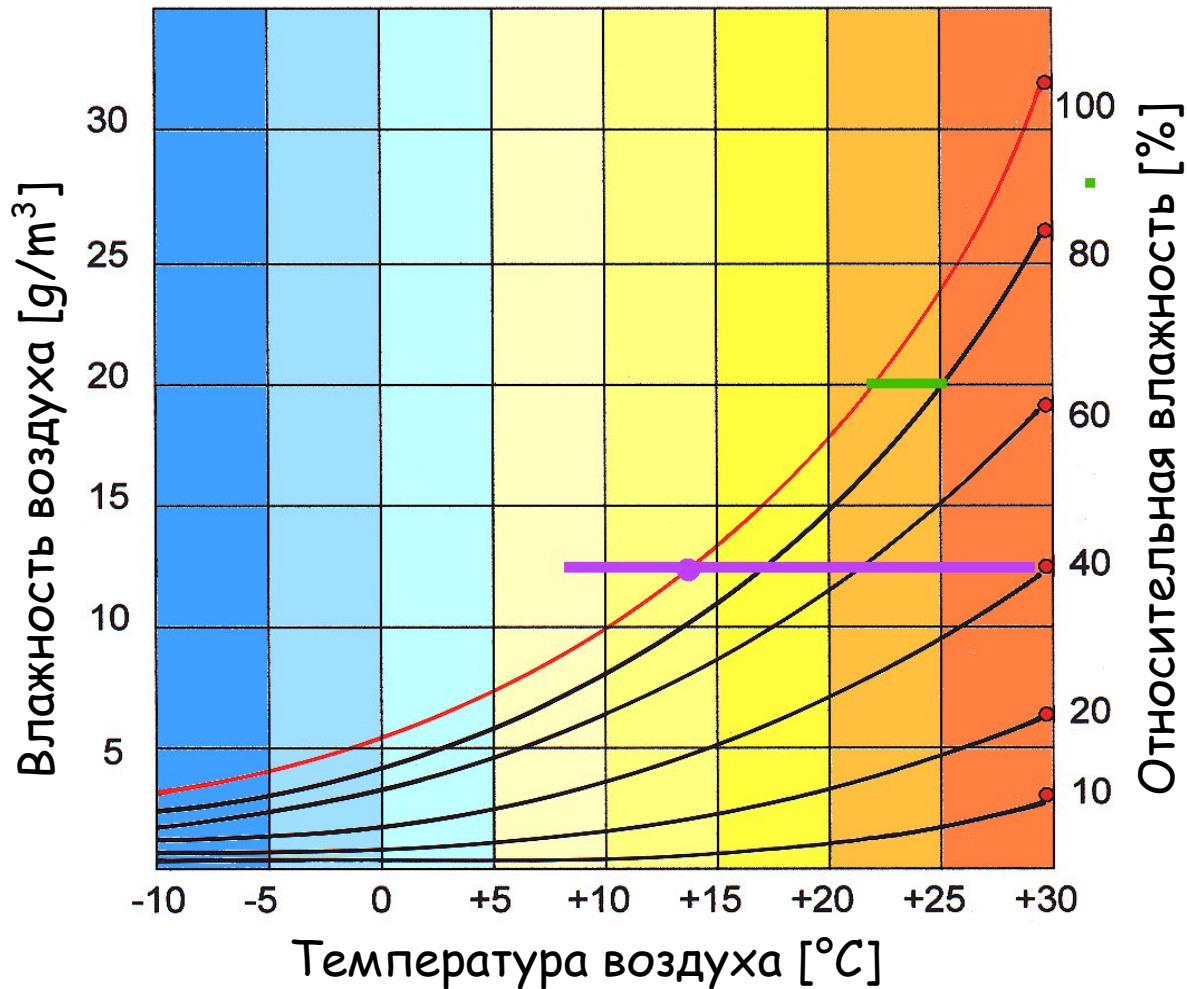


Здания и помещения	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций $R_{req}, M^2 \text{ } ^\circ C/Вт$				
	стен	покрытий и перекрытий над проездами	перекрыжий чердачных, над холодными подпольями и подвалами	окон и балконных дверей	фонарей
Сочи					
Жилье, лечебно-профилактические и детские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



Синдром закрытых помещений

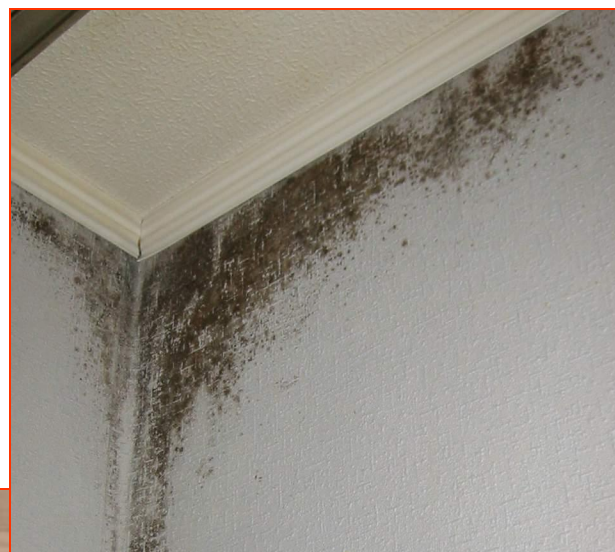
Sick building syndrome (Синдром закрытых помещений)



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.



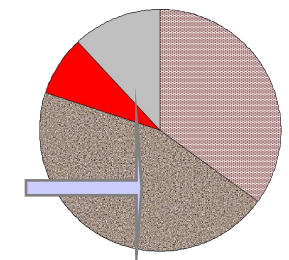
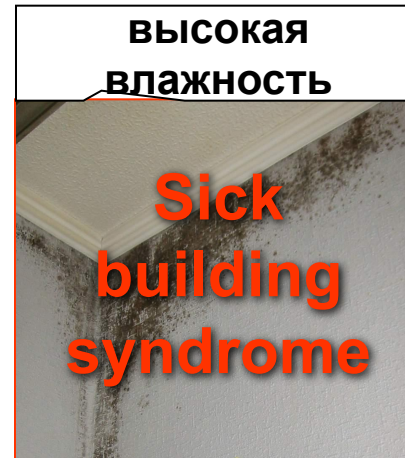
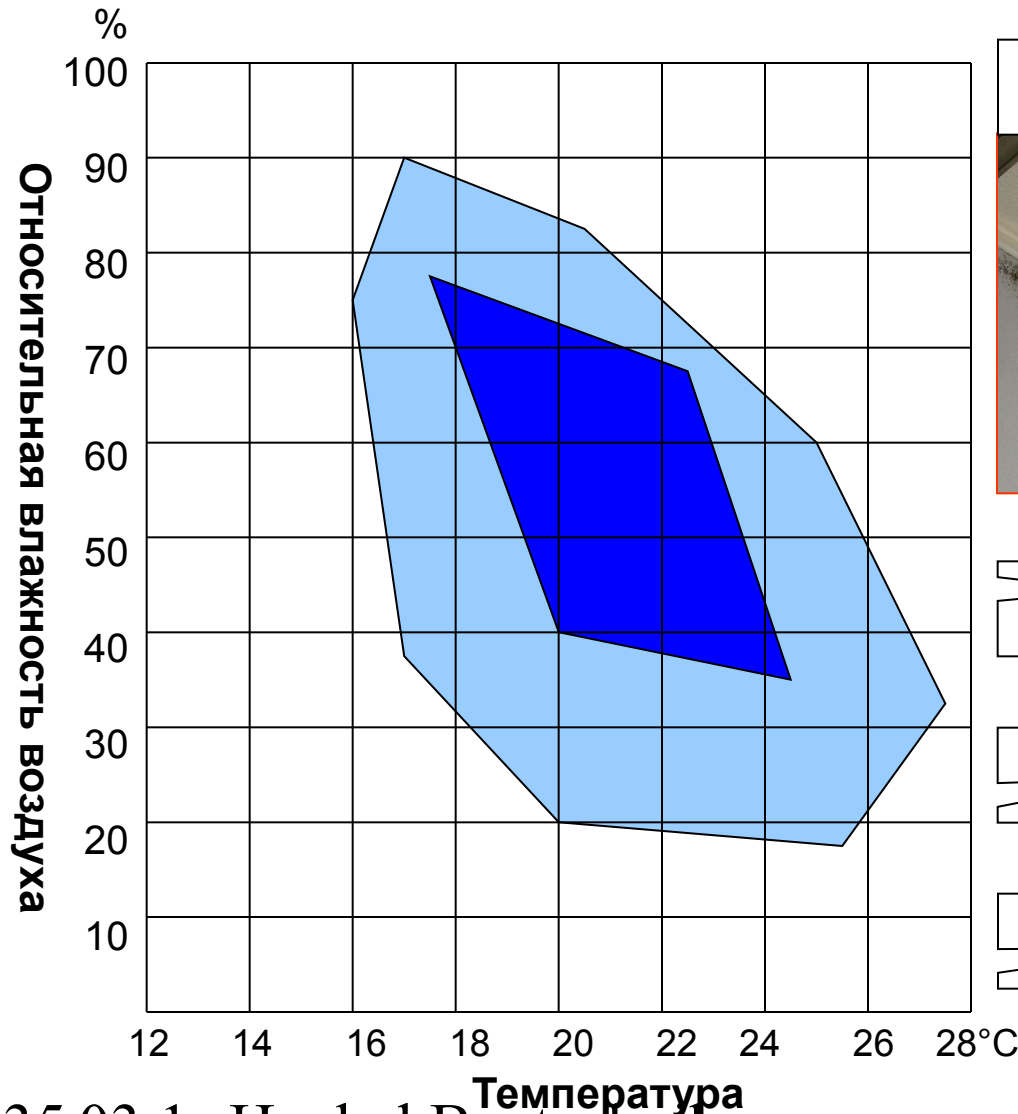
Какой самый надежный способ достижения идеального микроклимата в помещениях и экономии тепловой энергии?



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





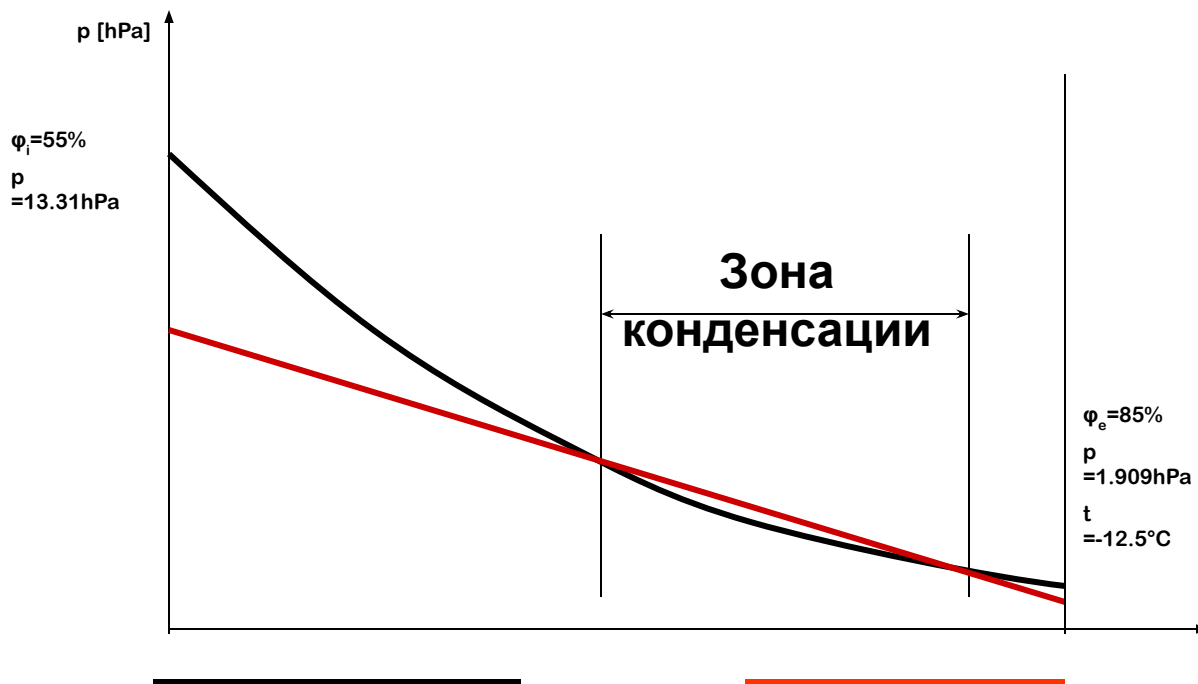
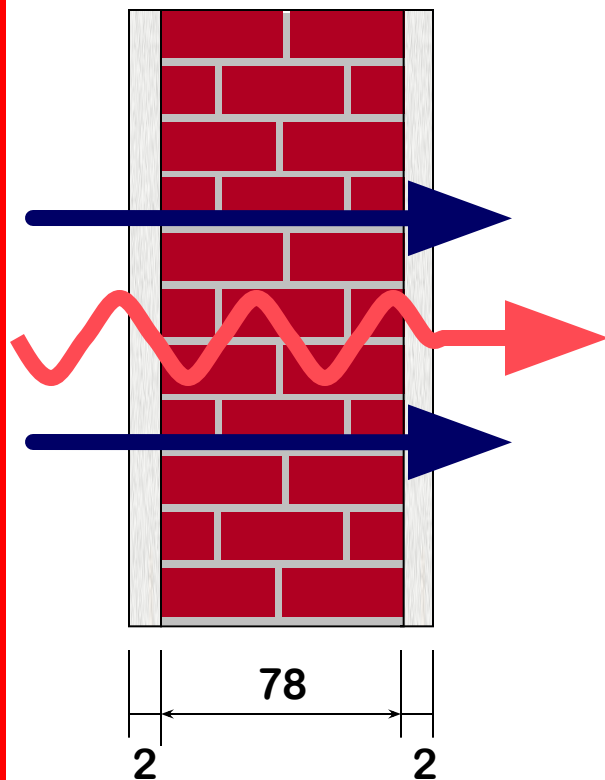
Сравнительный обзор стеновых ограждающих конструкций

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

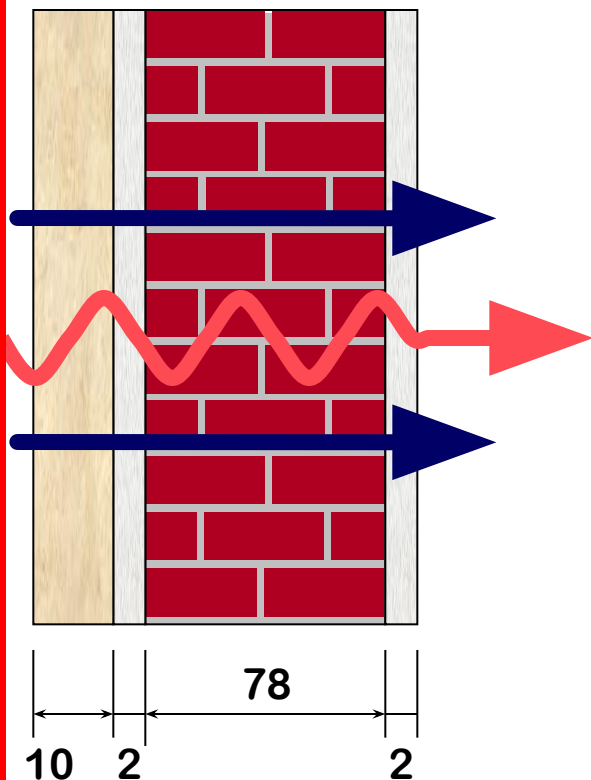
Конденсация паров воды в стене (8 г). Накопление пара: 3667 г. Критическая температура: - 9°C

Сравнительный обзор

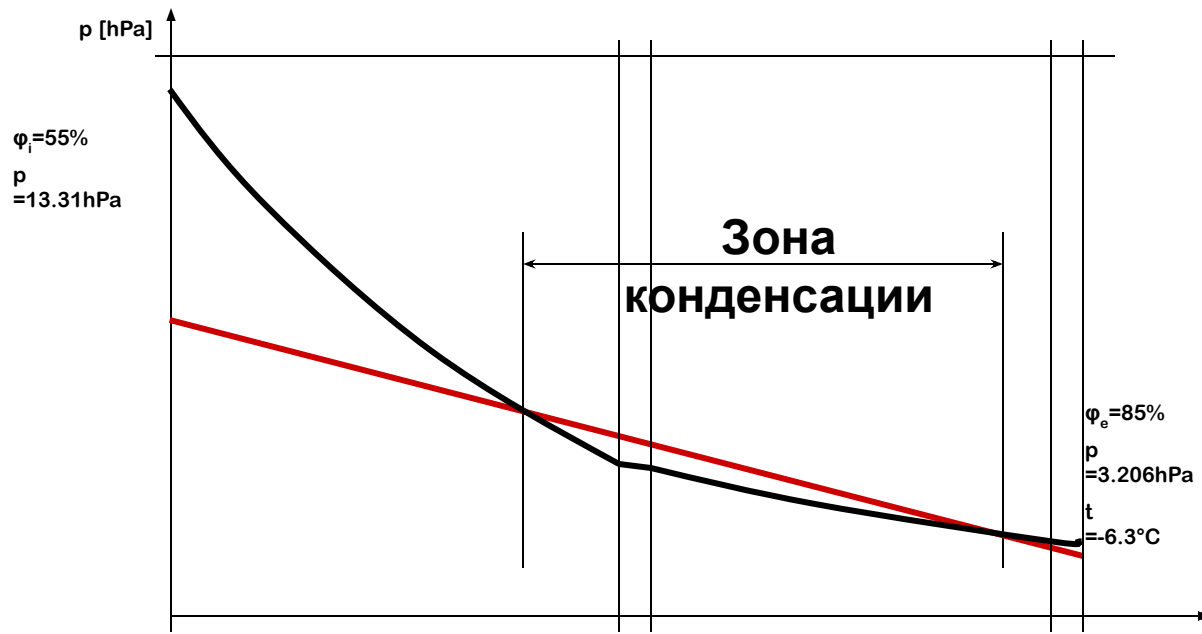
Теплоизоляция
изнутри помещения:

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

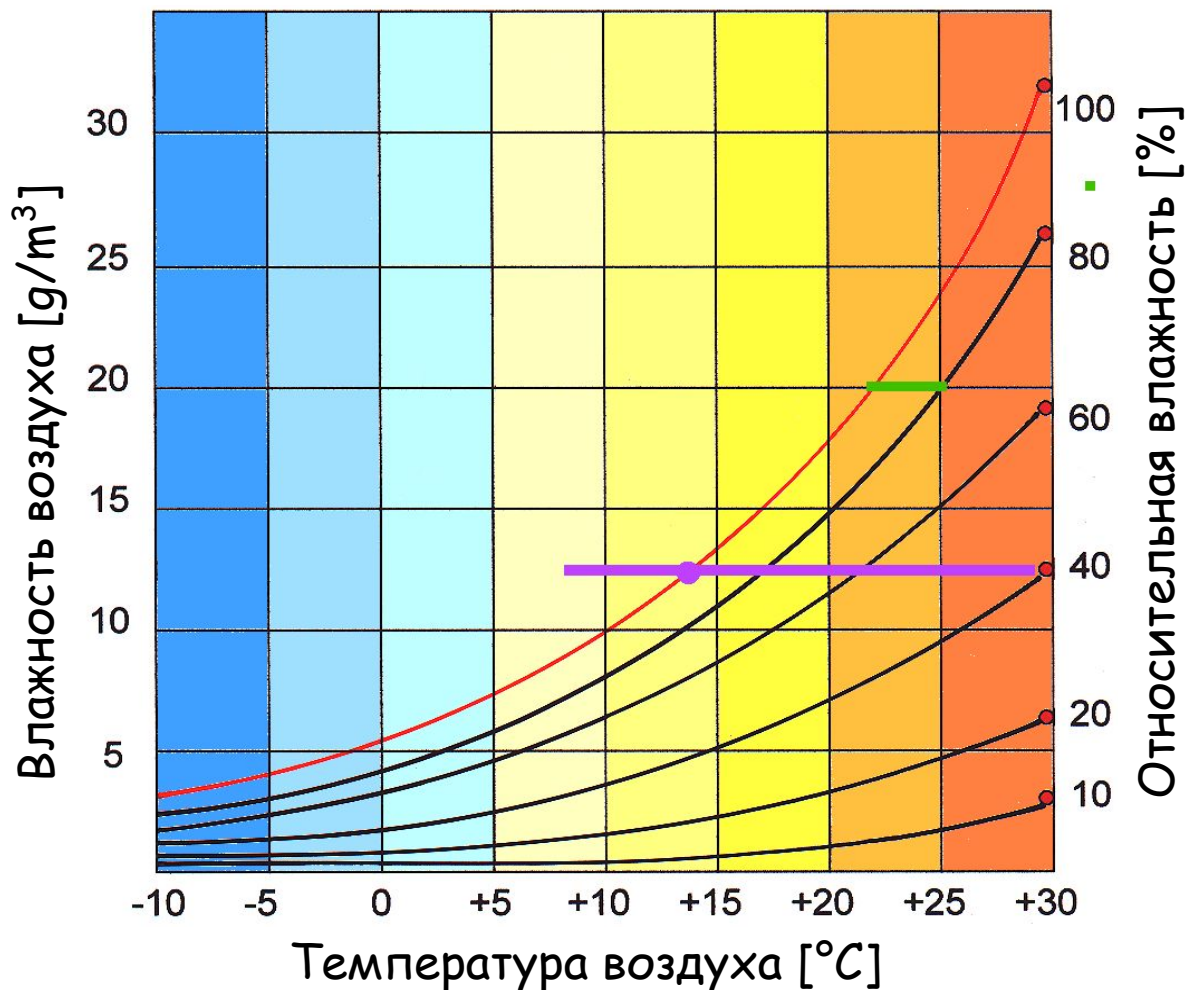


Паропроницаемость стены

Давление пара

Конденсация паров воды в стене – 36г, Накопление пара: 1042 г. Критическая температура: - 2°C

Сравнительный обзор (образова конденсата)

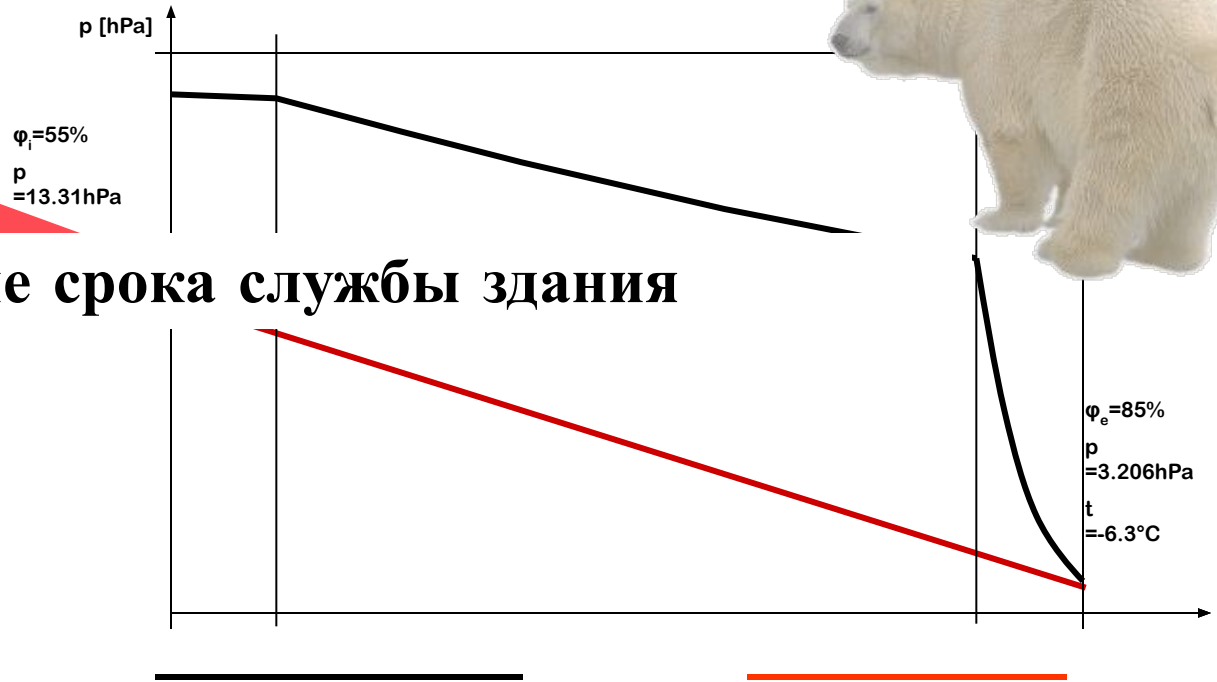
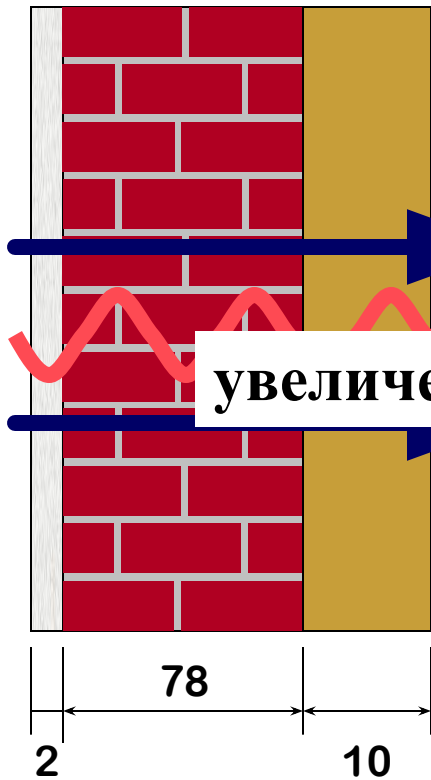
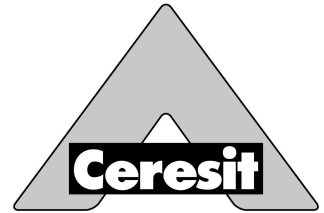


Сравнительный обзор

Наружная
теплоизоляция стен:

ISO
DIN

$R_o = 3.3157$
 $U = 0.3016$



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

Паропроницаемость стены

Давление пара

Накопление паров воды не наблюдается.

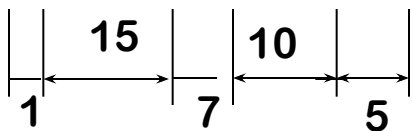
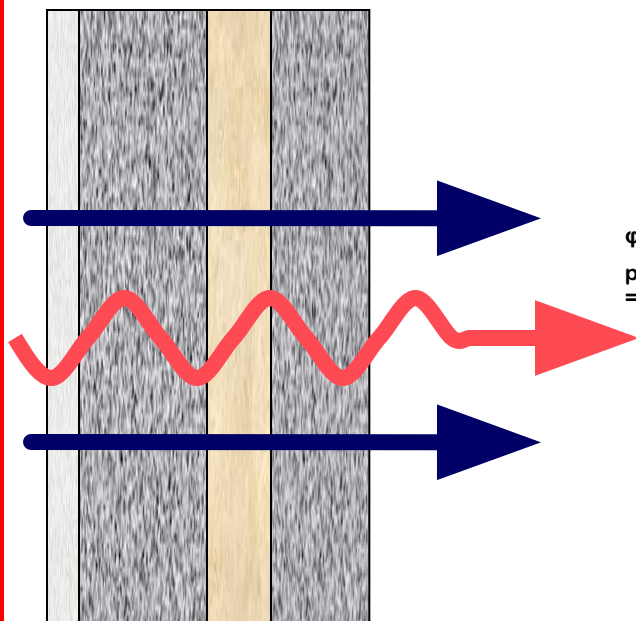
Критическая температура: - 16°C

Сравнительный обзор

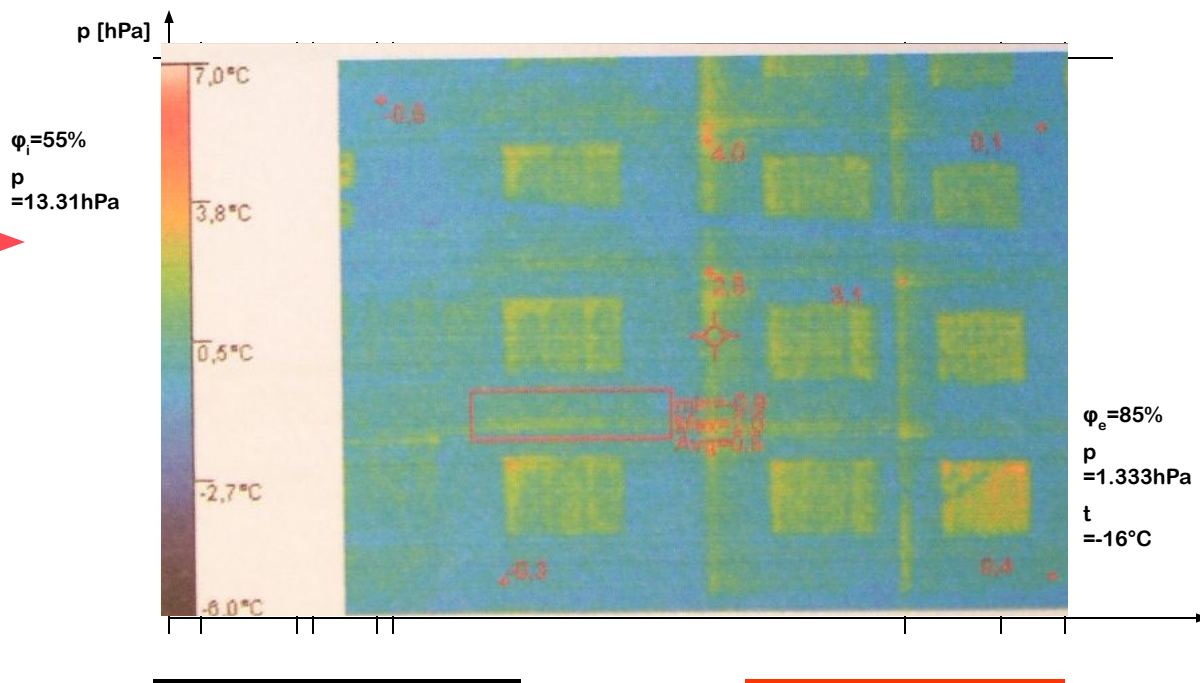
Трехслойные
стенные панели:

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



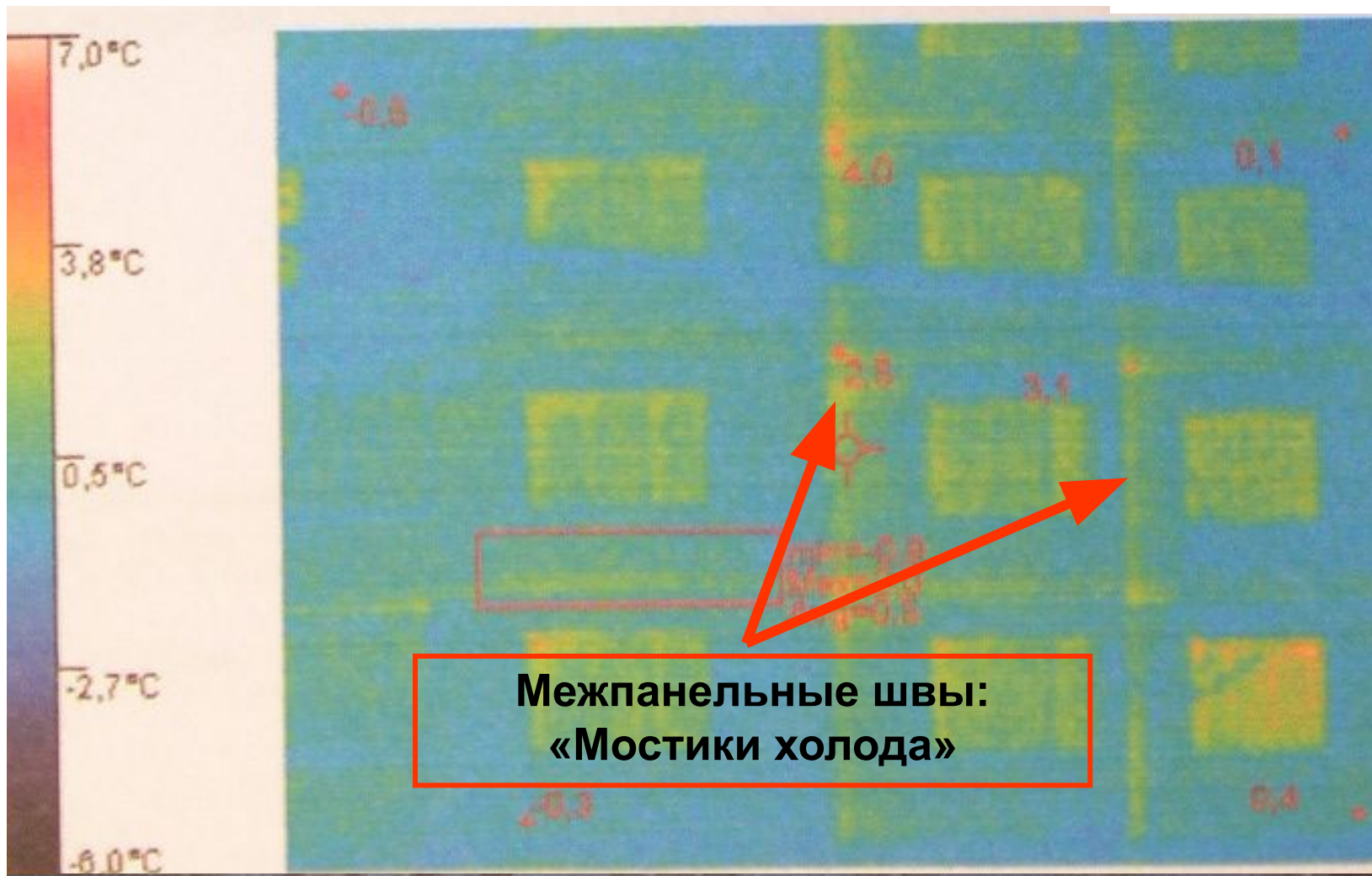
Паропроницаемость стены

Давление пара

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

Сравнительный обзор

Трехслойные
стенные панели:



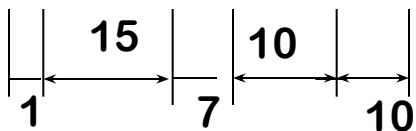
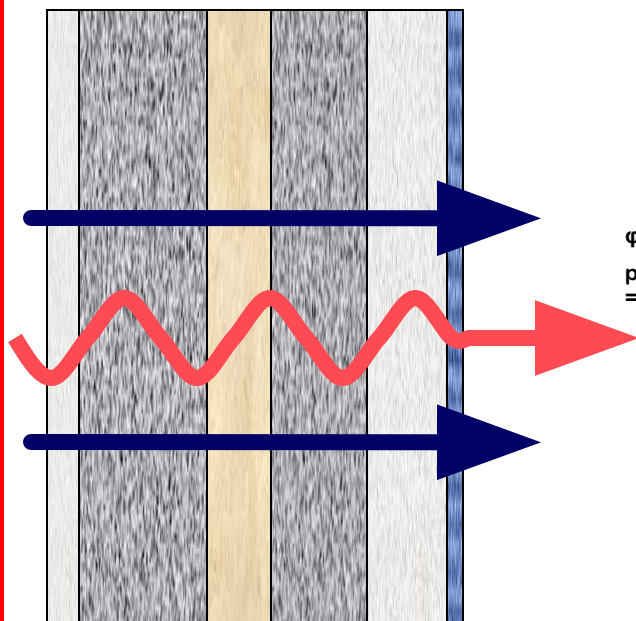
Сравнительный обзор

Стеновые панели

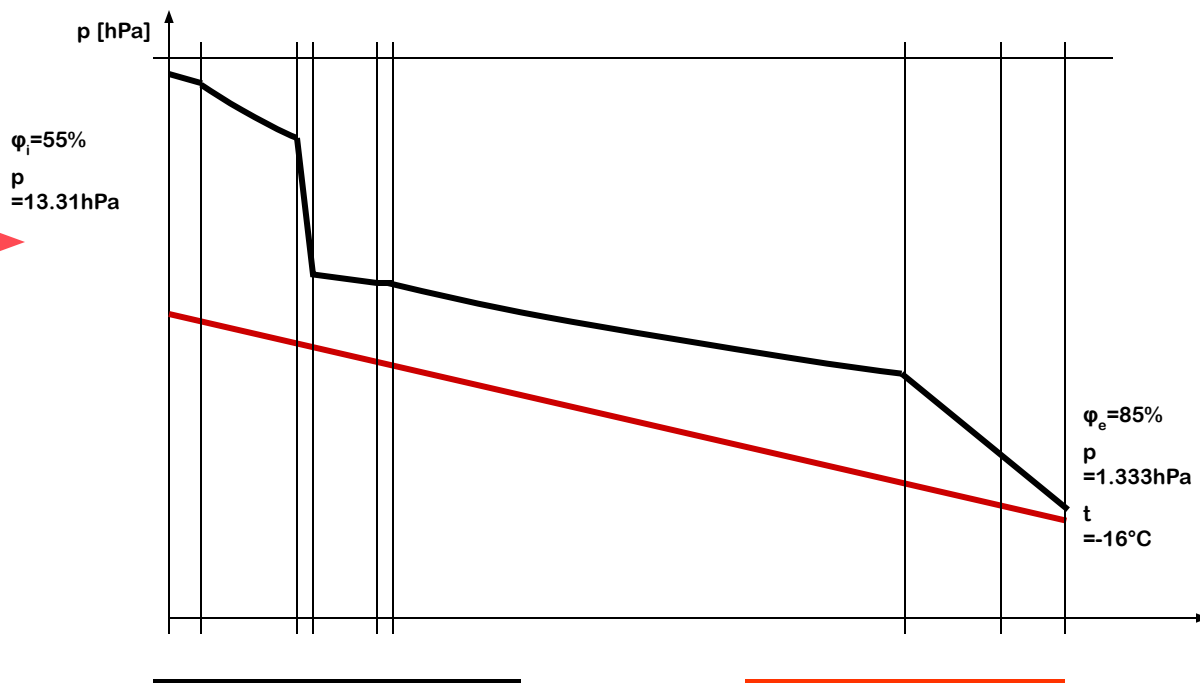
(наружная теплоизоляция): **ISO
DIN**

$R_o = 3.4533$

$U = 0.2900$



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

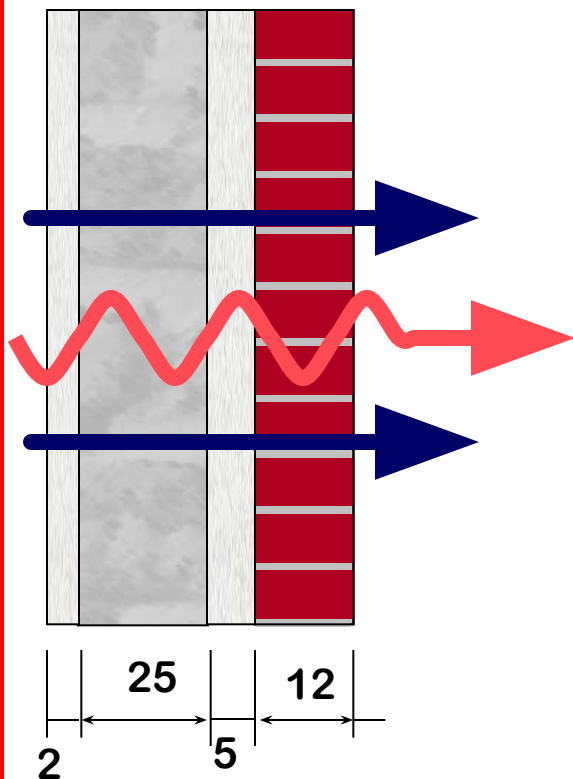
Отсутствие конденсации пара в стене.

Сравнительный обзор

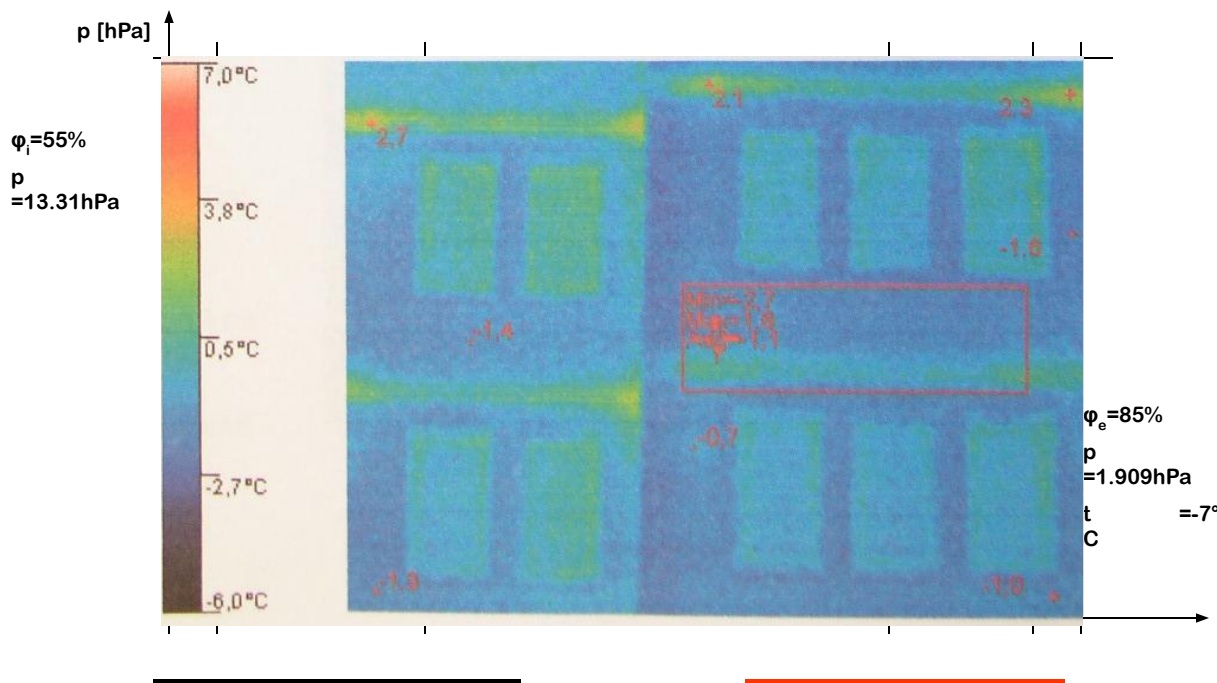
Многослойная кладка
«колодезного» типа:

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



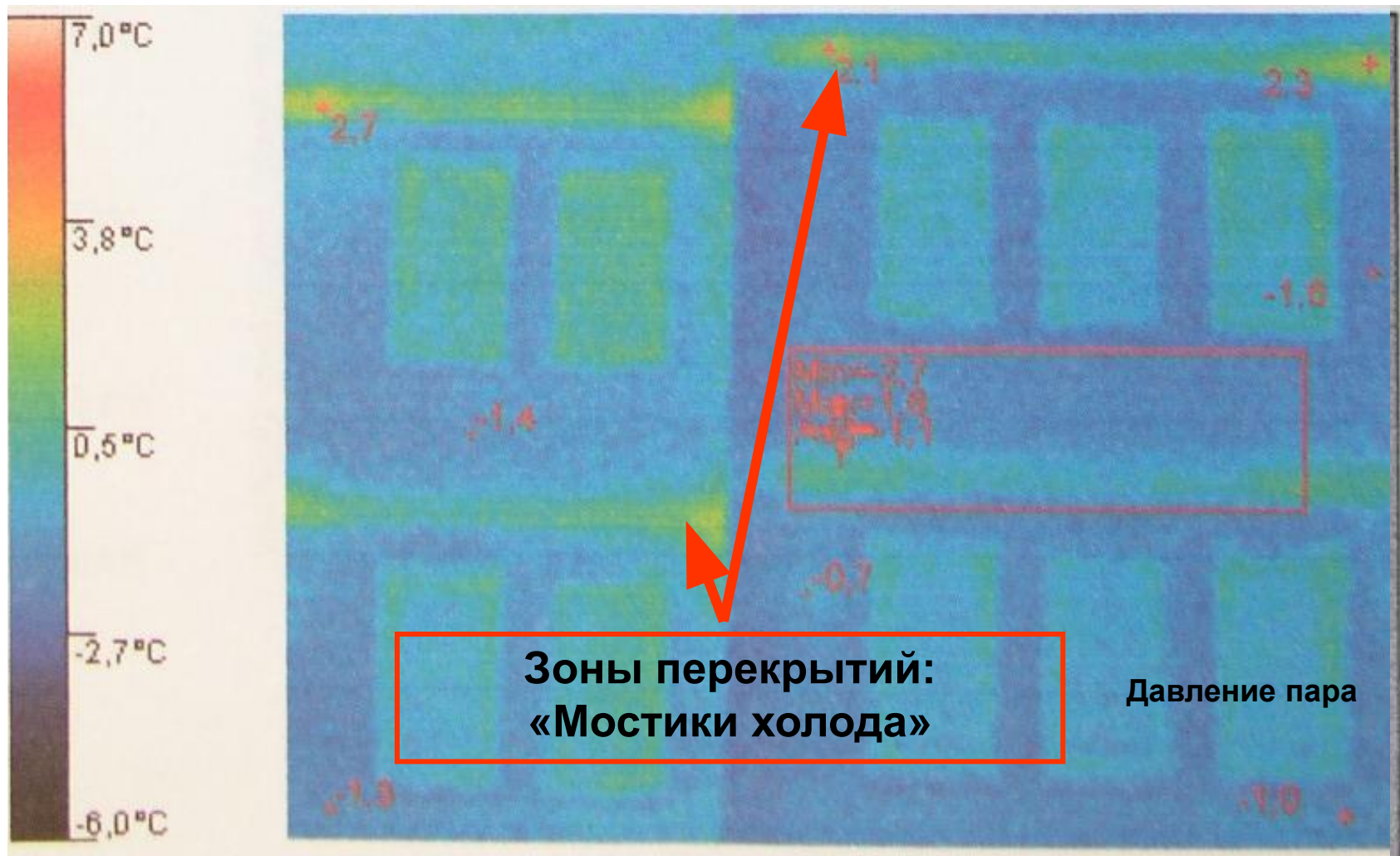
Паропроницаемость стены

Давление пара

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

Сравнительный обзор

Многослойная кладка
«колодезного» типа:



**Зоны перекрытий:
«Мостики холода»**

Давление пара

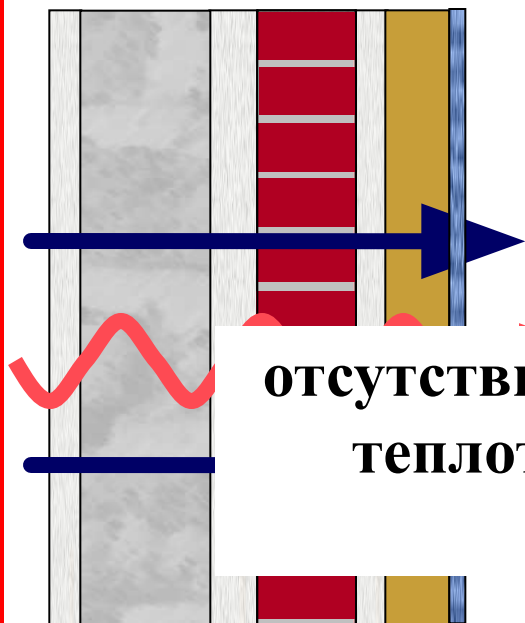
Сравнительный обзор

Многослойная кладка

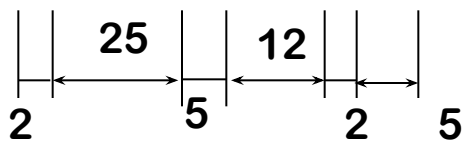
(наружная теплоизоляция): **ISO**
DIN

$R_o = 2.8233$

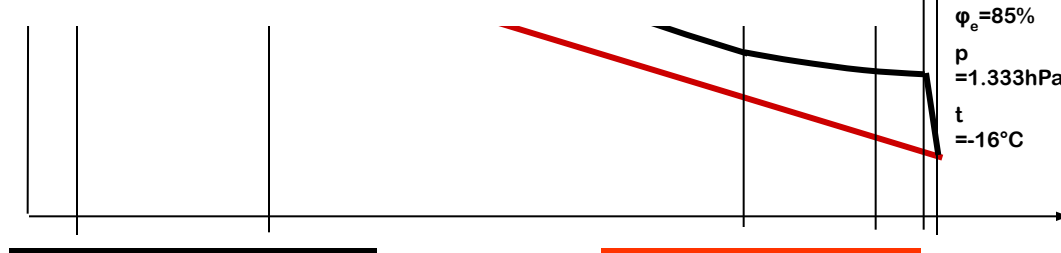
$U = 0.3542$



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



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



Паропроницаемость стены

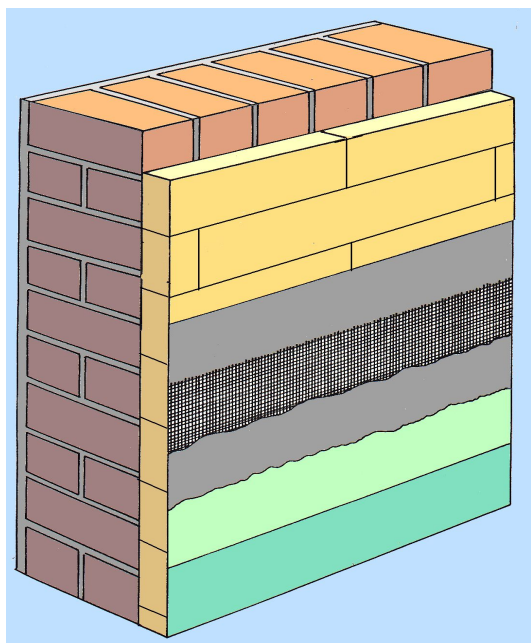
Давление пара

Отсутствие конденсации пара в стене.

Сравнительный обзор (выбор систем Ceresit WM и VWS)

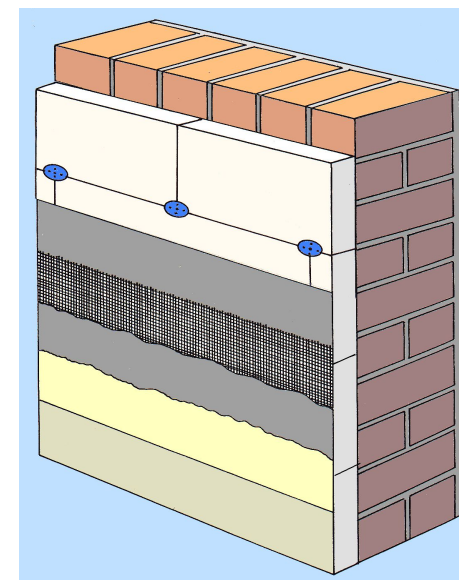


Ceresit WM



Монолитный железобетон	Подходит
Трехслойная панель	Подходит
Полнотельный кирпич	Подходит с ограничениями
Пустотельный кирпич	Не подходит
Керамзитобетон	Подходит с ограничениями
Газобетон/пенобетон	Не подходит
Сосновый брус	Не подходит

Ceresit VWS



- Подходит
- Подходит с ограничениями
- Не подходит

ООО «Хенкель Баутехник»

Henkel

A Brand like a friend

**Центральный офис:
111141, Москва, Россия
Зеленый пр-т, 3/10, стр.15**

www.ceresit.ru

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

