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^2 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

Влагосодержание материала

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

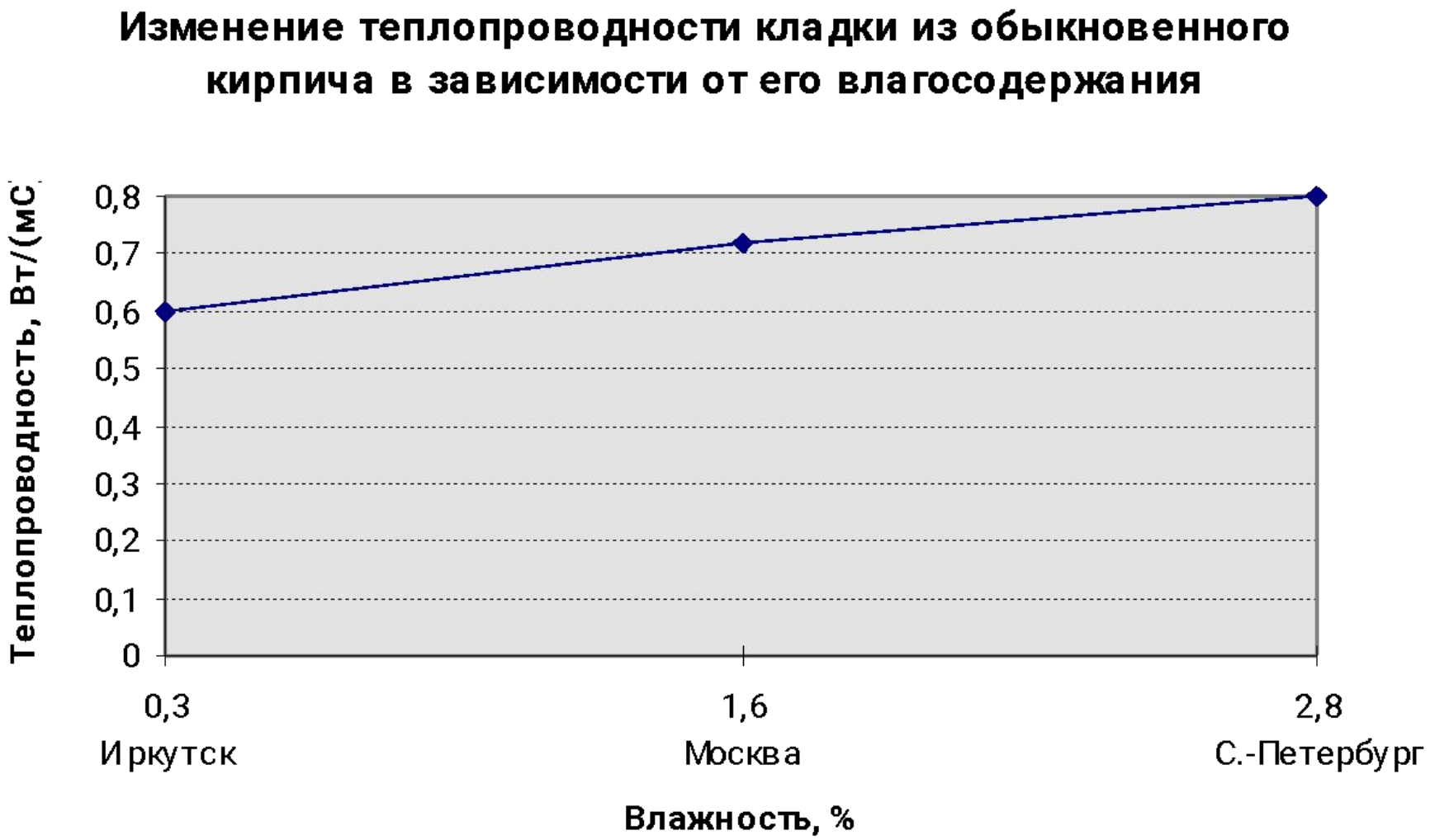
отношение массы влаги, содержащейся в пористом материале, к массе сухого материала [%]

ω **- влагосодержание**

$P_{сух}$ **- масса сухого материала**

$P_{вл}$ **- масса влажного материала**

Влагосодержание материала



Термическое сопротивление материала

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

Сопротивление материала толщиной 1м и площадью 1 м^2 движению потока тепловой энергии [м^{2}K/Вт]

2,5 м^{2}K/Вт для минплиты толщиной 10 см
2,5 м^{2}K/Вт для пенополистирола толщиной 10 см
0,015 м^{2}K/Вт для тонкослойных штукатурок толщиной 1,5 см
0,96 м^{2}K/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.

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

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/м2K]

R_{si} и R_{se} – коэффициенты теплоотдачи 0,04 и 0,13 Вт/м^{2}K

Количество тепла

$$Q = \tau_в - \tau_н \frac{\lambda}{\sigma} FZ$$

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

λ - коэффициент теплопроводности материала, [Вт/(м*°С)];
ϱ - толщина ограждения, м;
F - площадь ограждения, м ;
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^3 обогреваемого объёма здания [кВт ч/м^3]

E_o=29 кВт ч/м^3 для A/V < 0,2
E_o=26,6 +12 A/V кВт ч/м^3 для 0,2 < A/V < 0,9
E_o=37,4 кВт ч/м^3 для A/V > 0,9

Паропроницаемость

Коэффициент паропроницаемости материала

DIN δ **ISO** μ

Количество водяного пара, которое проходит через материал площадью 1 м^2 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

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

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

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

Сопротивление пароводяной диффузии

DIN $$Z = \frac{d}{\delta}$$

ISO $$R_n = \frac{\sigma}{\mu}$$

Сопротивление паропронцанию слоя [d] материала площадью 1 м^2 [м^2 ч Па/г]

208 м^2 ч Па/г для минплиты **толщиной 10 см**
8333 м^2 ч Па/г для пенопласта **толщиной 10 см**
333 м^2 ч Па/г для цем.-изв. штукатурок **толщиной 1,5 см**
923 м^2 ч Па/г для газобетона марки 500 **толщиной 24 см**
ок. 67 м^2 ч Па/г для минеральных штукатурок **толщиной 2 мм**
ок. 667 м^2 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)

ГСОП = ($\mathbf{t}_{в}$ – $\mathbf{t}_{от.пер.}$) $\mathbf{z}_{от.пер.}$

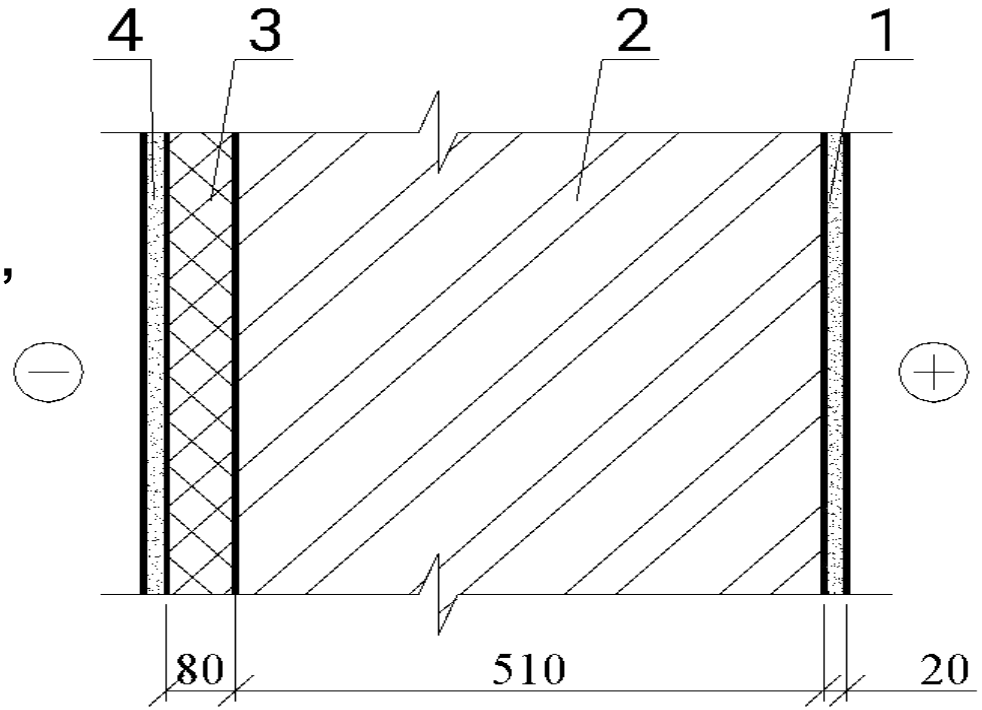
Требуемое термическое сопротивление (Ro)

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

Требуемая толщина теплоизоляции

Расчетная схема стены.

1 – цементно-известковая штукатурка,
λ_1 = 0,87 Вт/(м·°С);
2 – кирпичная кладка,
λ_2 = 0,64 Вт/(м·°С);
3 – плита пенополистирола,
λ_3 = 0,041 Вт/(м·°С);
4 – тонкослойная штукатурка,
λ_4 = 0,87 Вт/(м·оС).



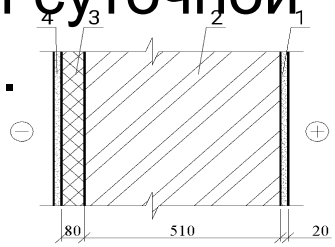
Требуемая толщина теплоизоляции

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

$$\mathbf{ГСОП} = (\mathbf{t}_{в} - \mathbf{t}_{от.пер.})\ \mathbf{z}_{от.пер.}$$

где: $t_в$ – расчетная температура внутреннего воздуха, °С;

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



Требуемая толщина теплоизоляции

Требуемое термическое сопротивление (Rтр) является функцией ГСОП

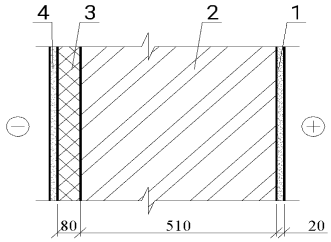
ГСОП = (18 + 3,1) · 214 = 4600;

Тогда: $R_{тр}$ = 2,58 м^2 · ^{o}C/Вт.

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

$$R_o^{сущ} = \frac{1}{\alpha_в} + R_{01} + R_{02} + \frac{1}{\alpha_н} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,51}{0,64} + \frac{1}{23} = 0,96\ м^2 \cdot {}^oC / Вт$$

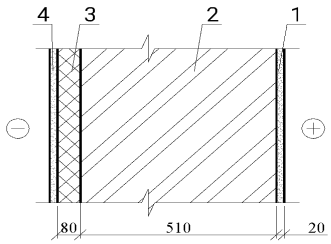


ОГЛАВЛЕНИЕ

Требуемая толщина теплоизоляции

- **Требуется усиление теплозащитной способности стены на:**

$$\Delta R = R_o^{тр} - R_o^{сущ} = 2{,}58 - 0{,}96 = 1{,}62\ м^2 \cdot {}^oC / Вт$$



Требуемая толщина теплоизоляции

а за вычетом R защитно-декоративного слоя, равного

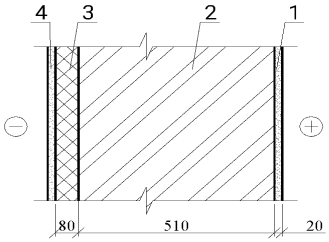
$$R_{04} = \frac{0,045}{0,87} = 0,005$$

м²·°С/Вт, получаем

$$\Delta R = 1,62 - 0,005 = 1,615 м^2 .^0 C / Вт$$

Толщина слоя дополнительной теплоизоляции при λ_3 = 0,041 Вт/(м·°С) и коэффициенте теплотехнической однородности r = 0,92 составит:

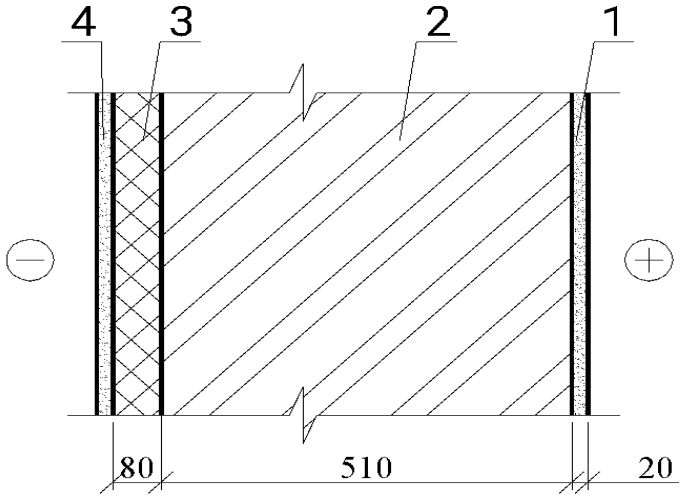
$$\delta = \Delta R \cdot \frac{\lambda}{r} = 1,615 \cdot \frac{0,041}{0,92} = 0,072; м$$



Требуемая толщина теплоизоляции

Принимаем слой изоляции равным 80 мм, тогда фактическое сопротивление теплопередаче составит:

$$R_o^{фак} = R_o^{сущ} + (R_3 \cdot r) + R_4 = 0{,}96 + (\frac{0{,}08}{0{,}041} \cdot 0{,}92) + \frac{0{,}0045}{0{,}87} = 2{,}76\ м^2 \cdot {}^oC / Вт$$



Для удобства расчета, разработан модуль «TERMOCALC»

ОГЛАВЛЕНИЕ

Текущие нормы по приведенному термическому сопротивлению

Здания и помещения	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R_{req}, м^2 °С/Вт				
Москва	стен	покрытий и перекрытий над проездами	перекрытий чердачных, над холодными подпольями и подвалами	окон и балконных дверей	фонарей
Жилые, 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**

каталог

Текущие нормы по приведенному термическому сопротивлению

Здания и помещения	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R_{req}, м^2 °С/Вт				
Санкт-Петербург	стен	покрытий и перекрытий над проездами	перекрытий чердачных, над холодными подпольями и подвалами	окон и балконных дверей	фонарей
Жилые, 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**

каталог

Текущие нормы по приведенному термическому сопротивлению

Здания и помещения	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R_{req}, м^2 °С/Вт				
Якутск	стен	покрытий и перекрытий над проездами	перекрытий чердачных, над холодными подпольями и подвалами	окон и балконных дверей	фонарей
Жилые, 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**

каталог

Текущие нормы по приведенному термическому сопротивлению

Здания и помещения	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R_{req}, м^2 °С/Вт				
Новосибирск	стен	покрытий и перекрытий над проездами	перекрытий чердачных, над холодными подпольями и подвалами	окон и балконных дверей	фонарей
Жилые, 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**

каталог

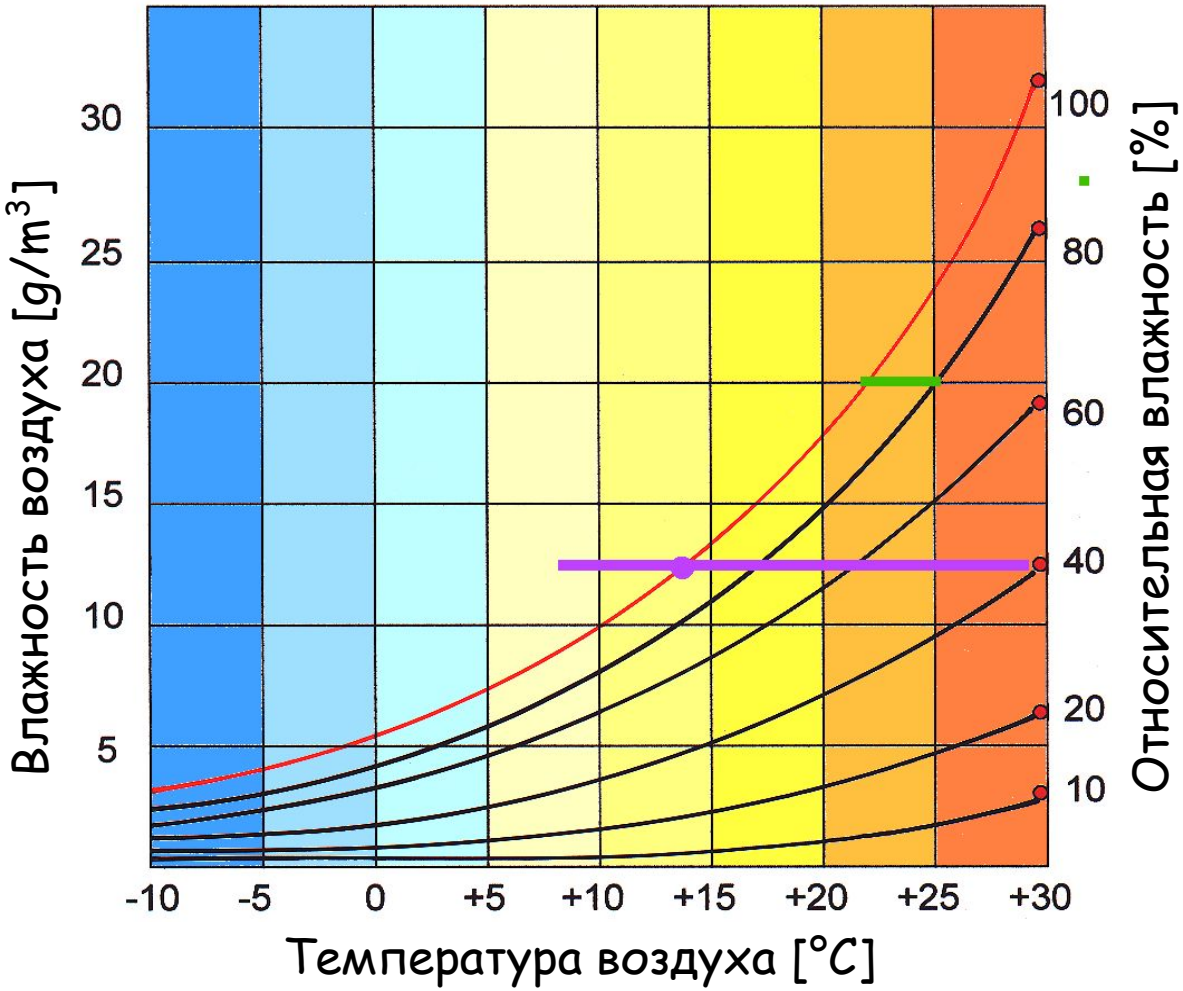
Текущие нормы по приведенному термическому сопротивлению

Здания и помещения	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R_{req}, м^2 °С/Вт				
Сочи	стен	покрытий и перекрытий над проездами	перекрытий чердачных, над холодными подпольями и подвалами	окон и балконных дверей	фонарей
Жилые, 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**

каталог

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.

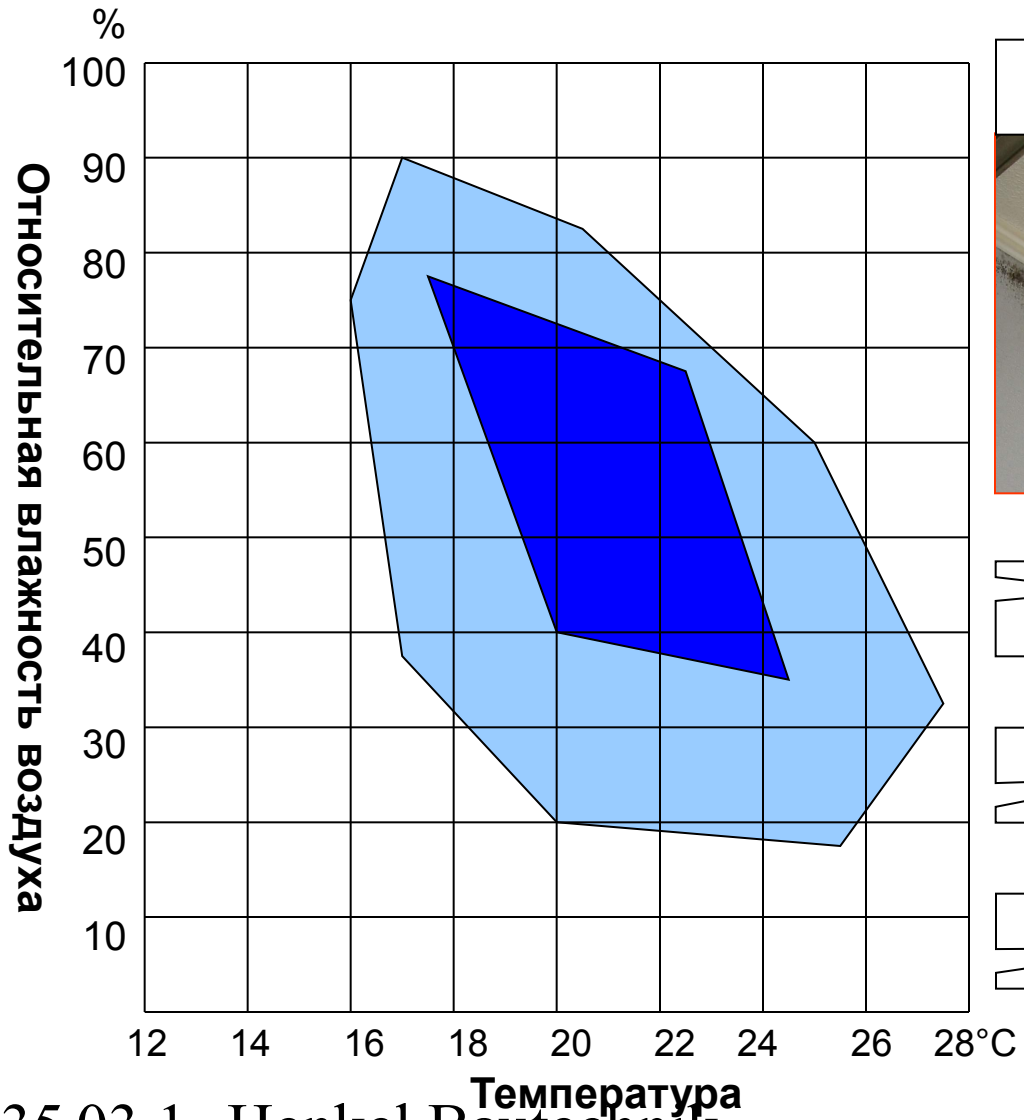
каталог

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.

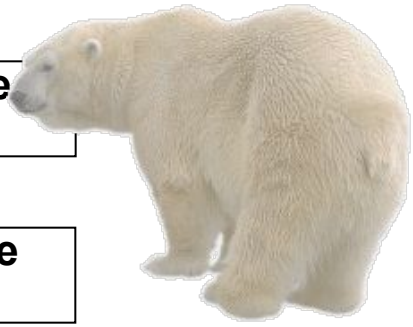
Достижение оптимального баланса влажности и температуры в помещениях с минимальными затратами на отопление.

Комфорт



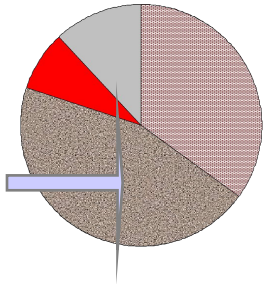
высокая влажность

Комфортные условия



переносимые условия

невыносимо сухо



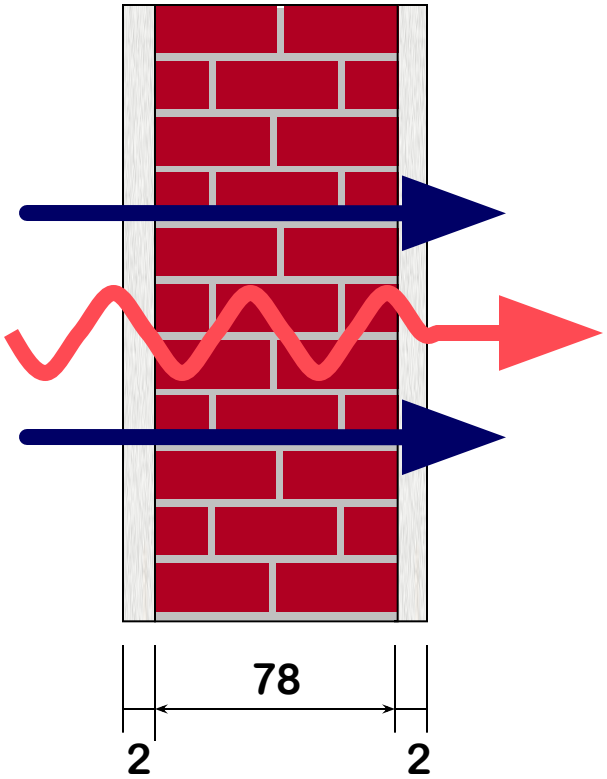
Сравнительный обзор стеновых ограждающих конструкций

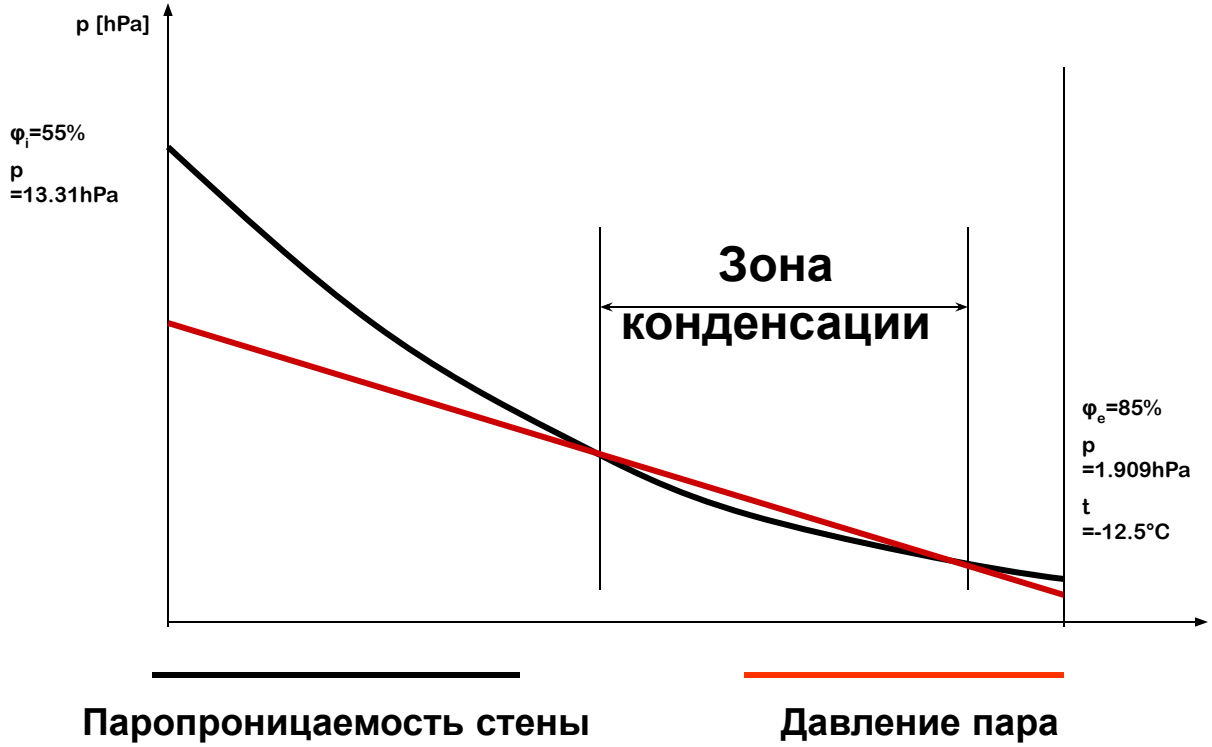
Сравнительный обзор

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

Ro = 1.2218

U = 0.8185





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

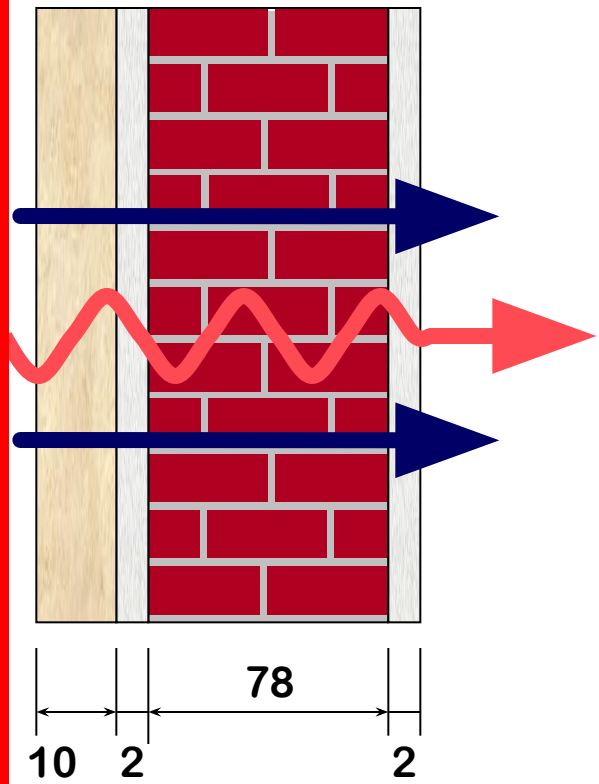
Конденсация паров воды в стене (8 г). Накопление пара: 3667 г. Критичная температура: - 9°C

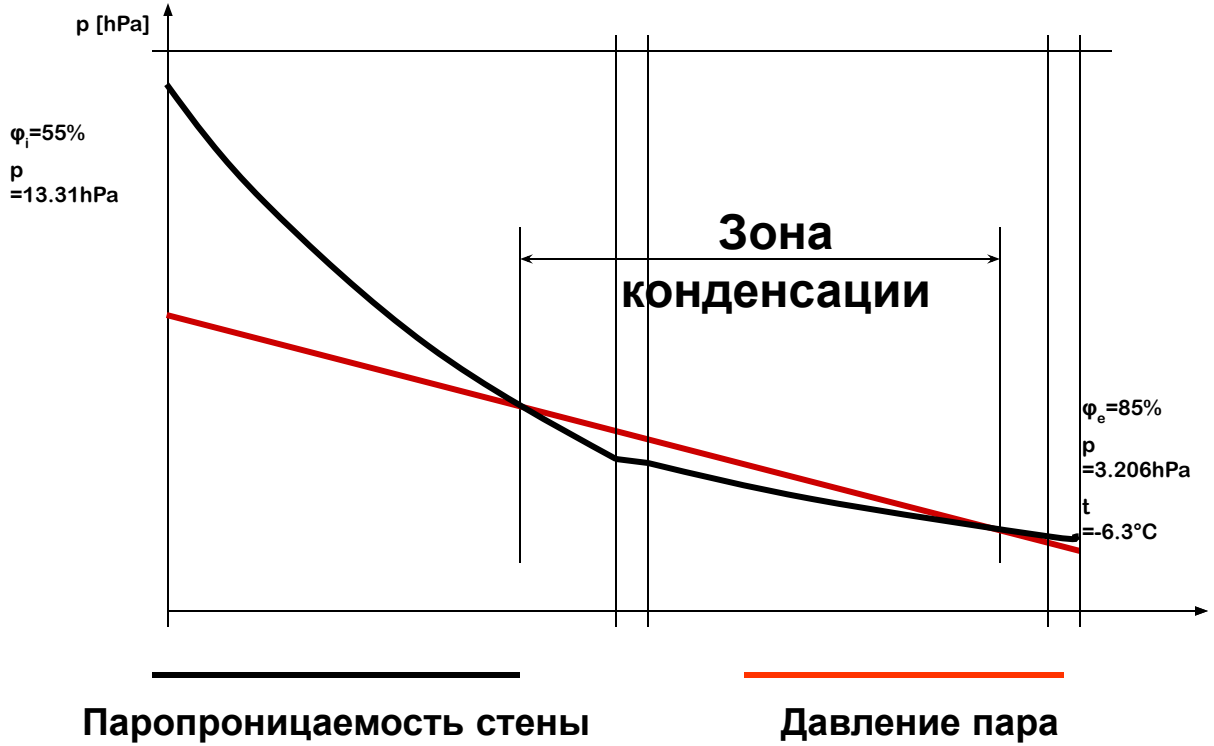
Сравнительный обзор

Теплоизоляция изнутри помещения:

ISO Ro = 3.4435

DIN U = 0.2904

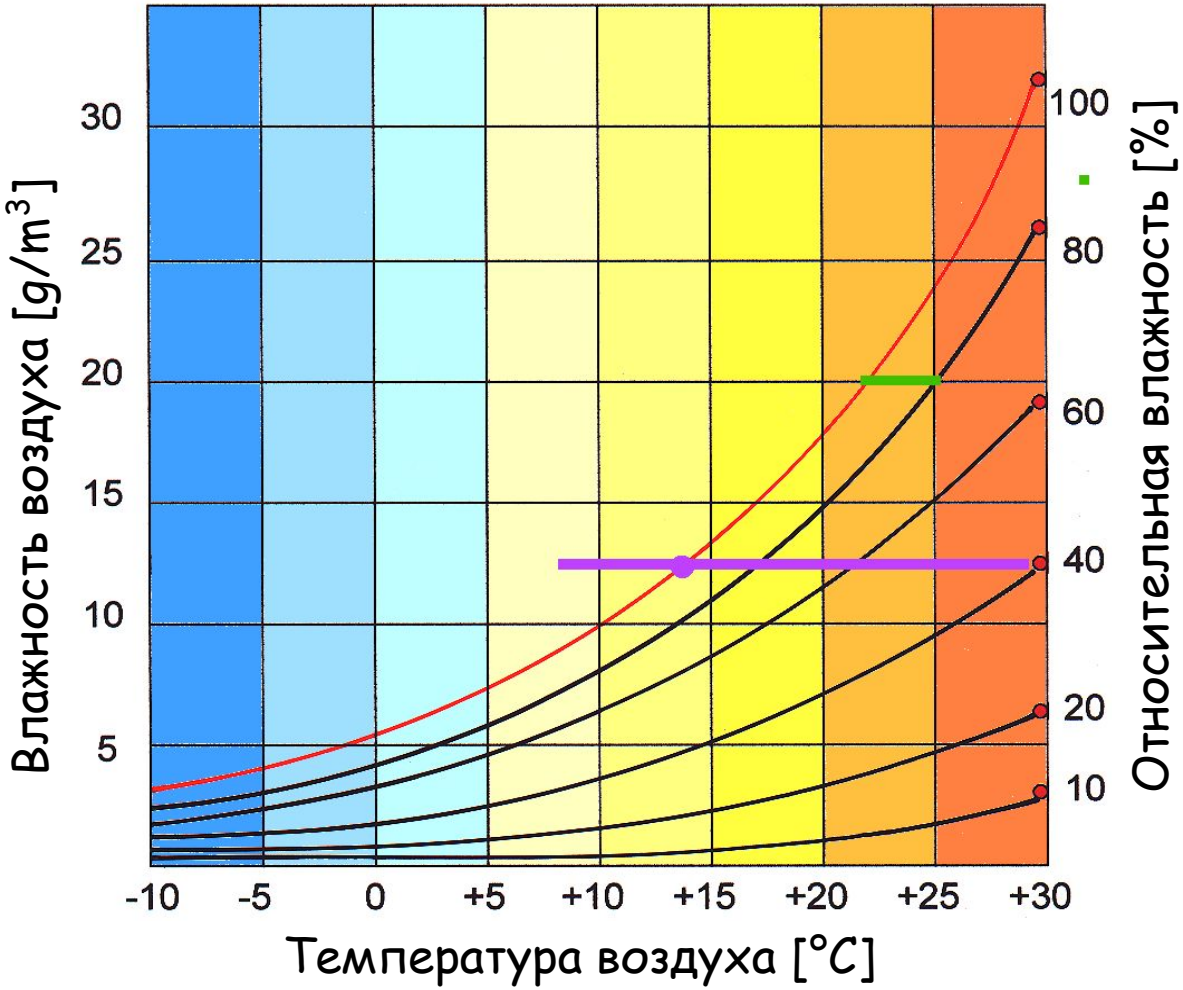




1. Пенопласт – 10 см
2. Штукатурка– 2 см
3. Кирпич - 78 см
4. Штукатурка– 2 см

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

Сравнительный обзор (образова конденсата)

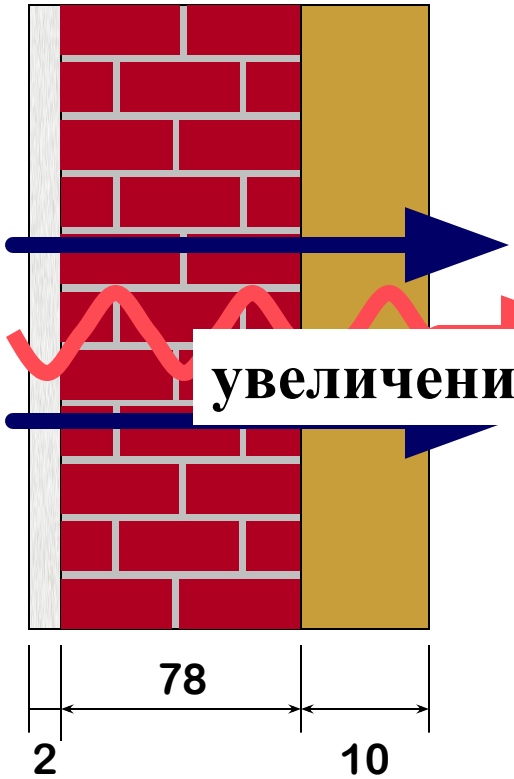


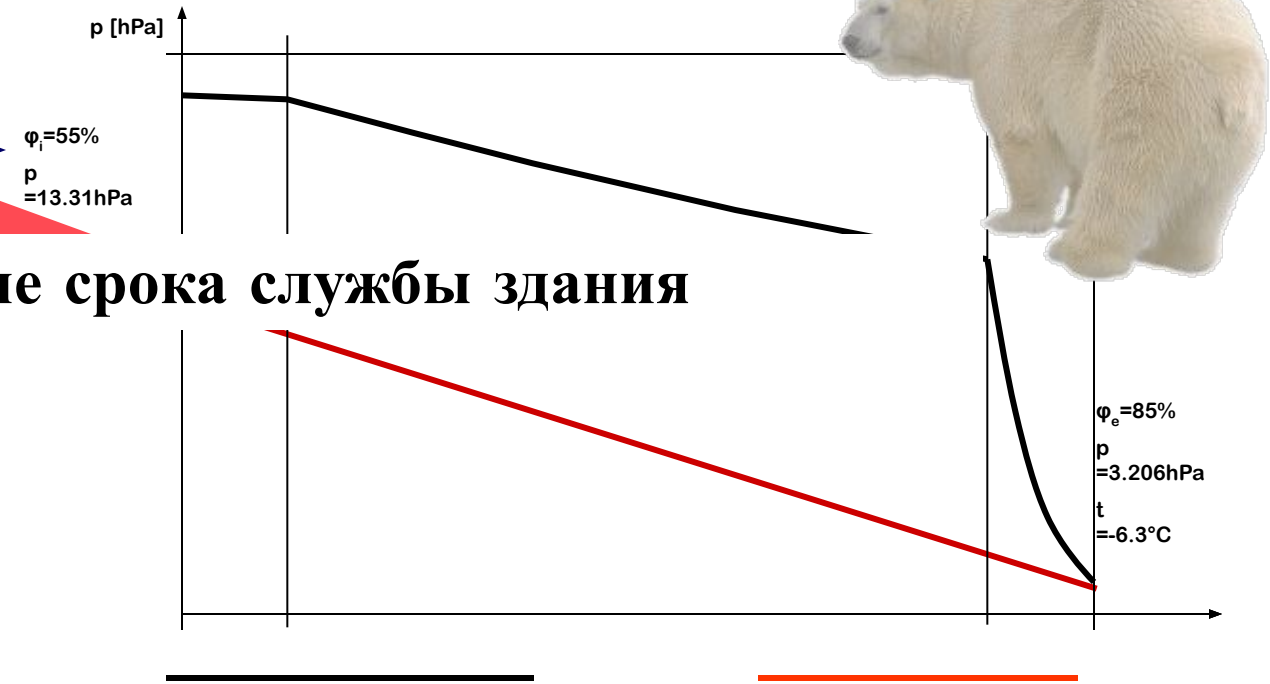
Сравнительный обзор

Наружная теплоизоляция стен:

ISO Ro = 3.3157

DIN U = 0.3016





увеличение срока службы здания

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

Паропроницаемость стены **Давление пара**

Накопление паров воды не наблюдается.

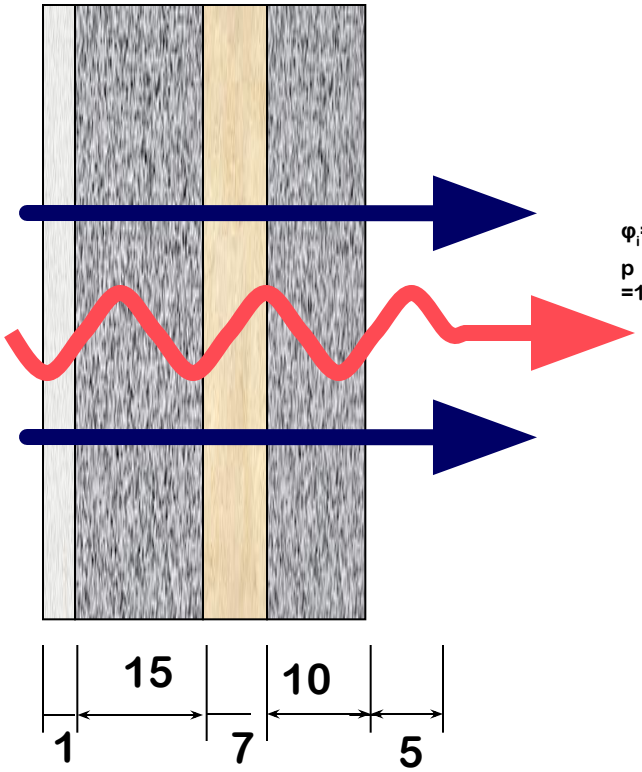
Критичная температура: - 16°C.

Сравнительный обзор

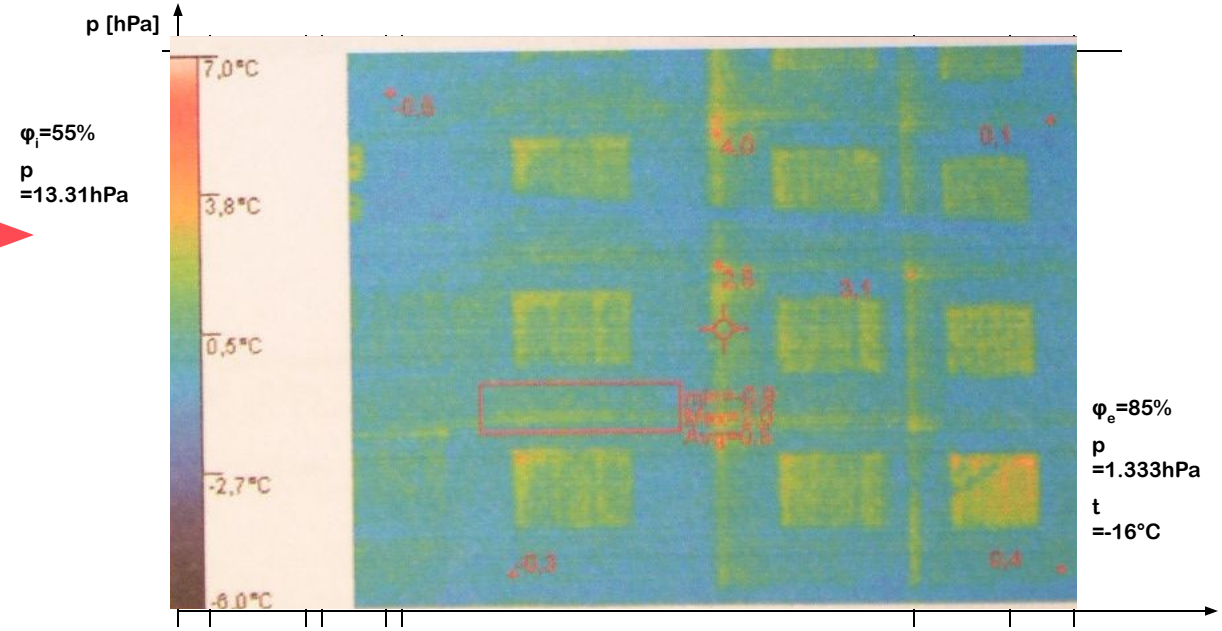
Трехслойные стеновые панели:

ISO Ro = 1.8228

DIN U = 3.2616



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

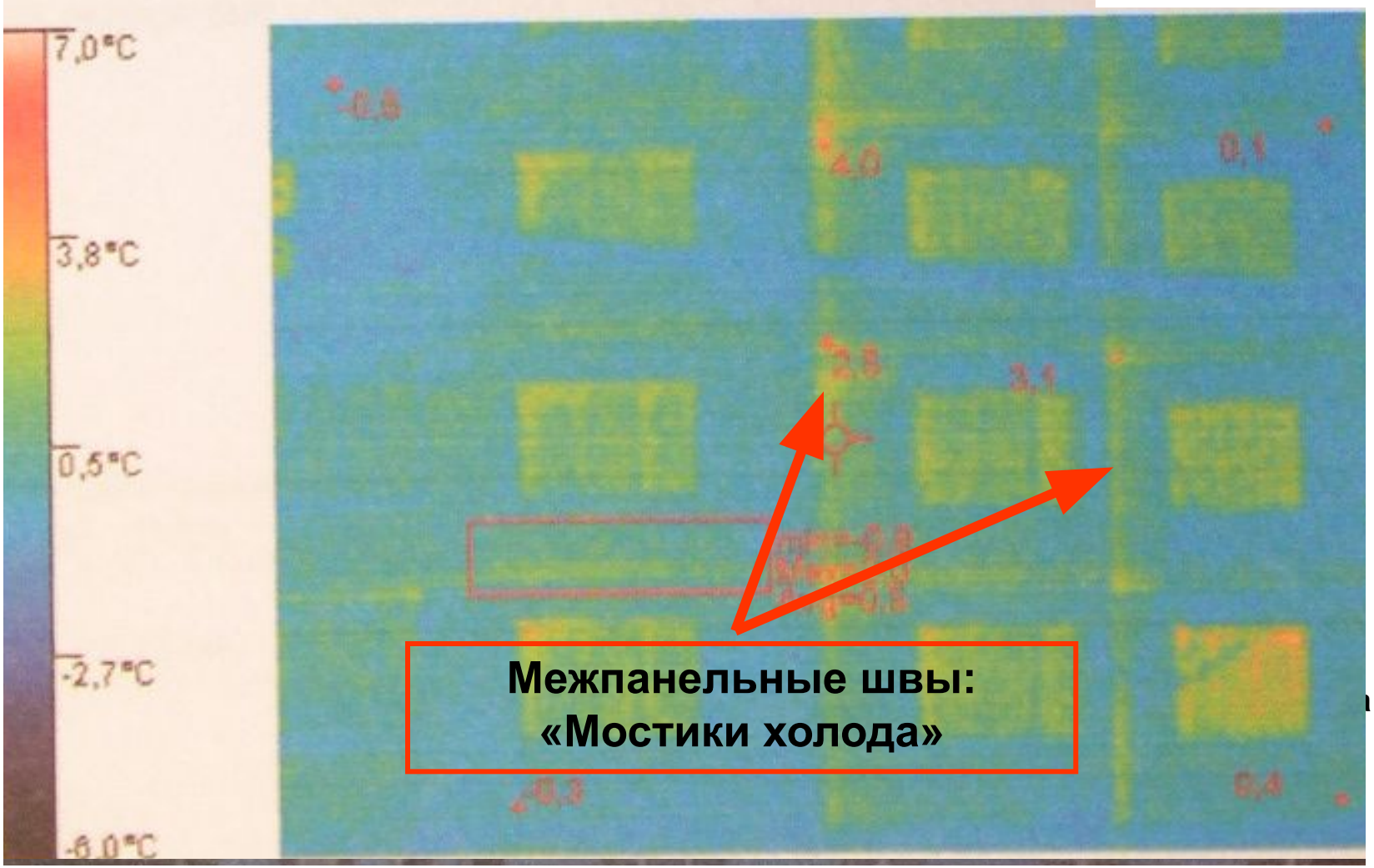


Паропроницаемость стены **Давление пара**

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

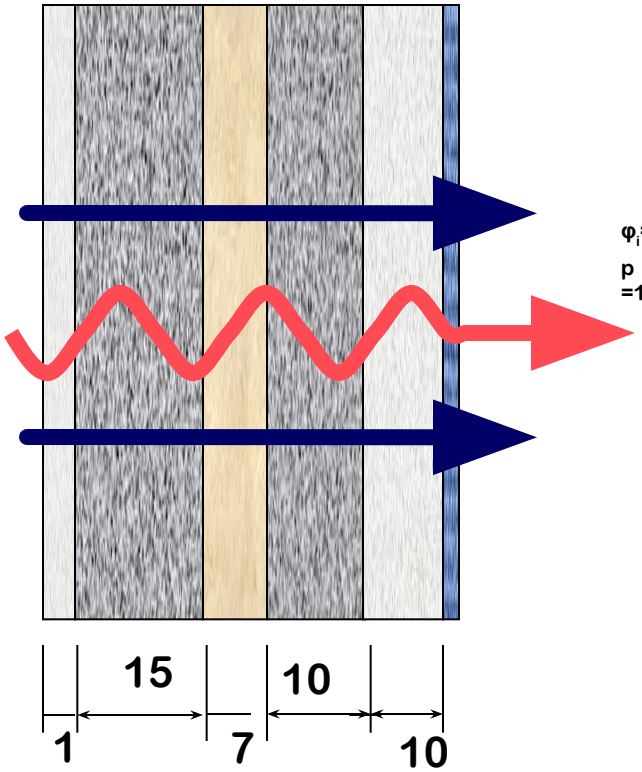
Сравнительный обзор

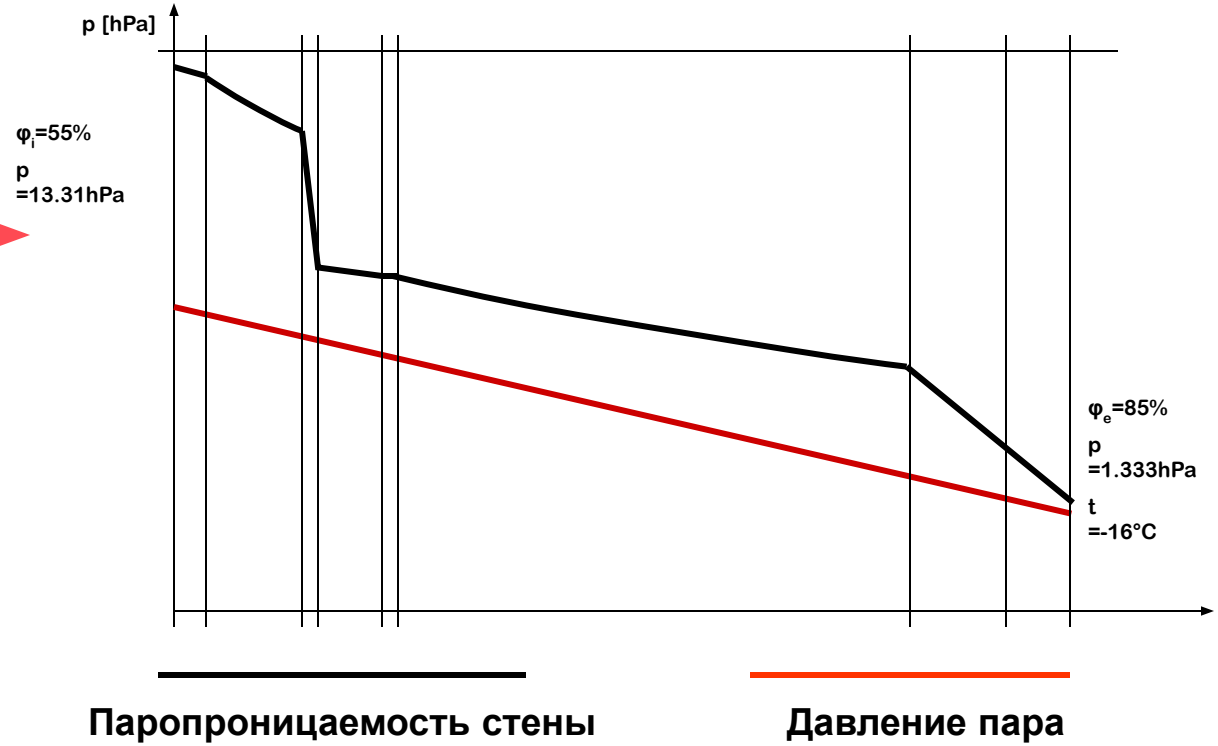
Трехслойные
стеновые панели:



Сравнительный обзор

Стеновые панели
(наружная теплоизоляция): **ISO** Ro = 3.4533
DIN 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

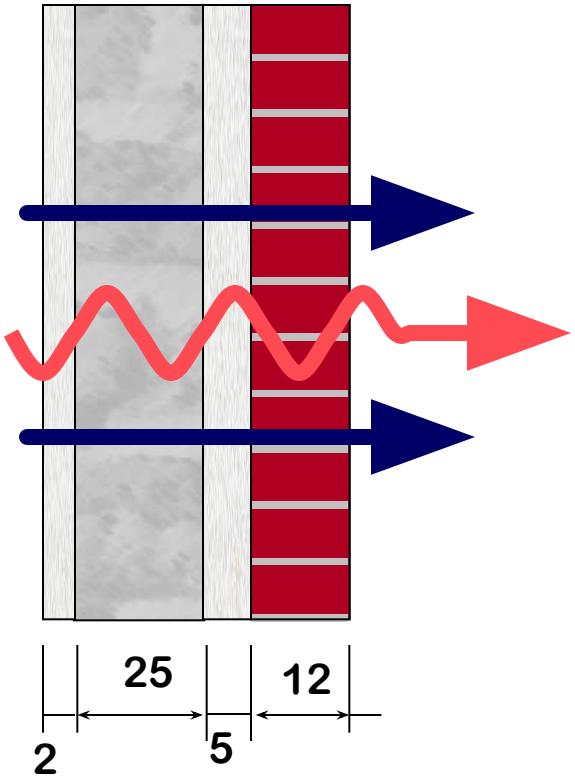
Отсутствие конденсации пара в стене.

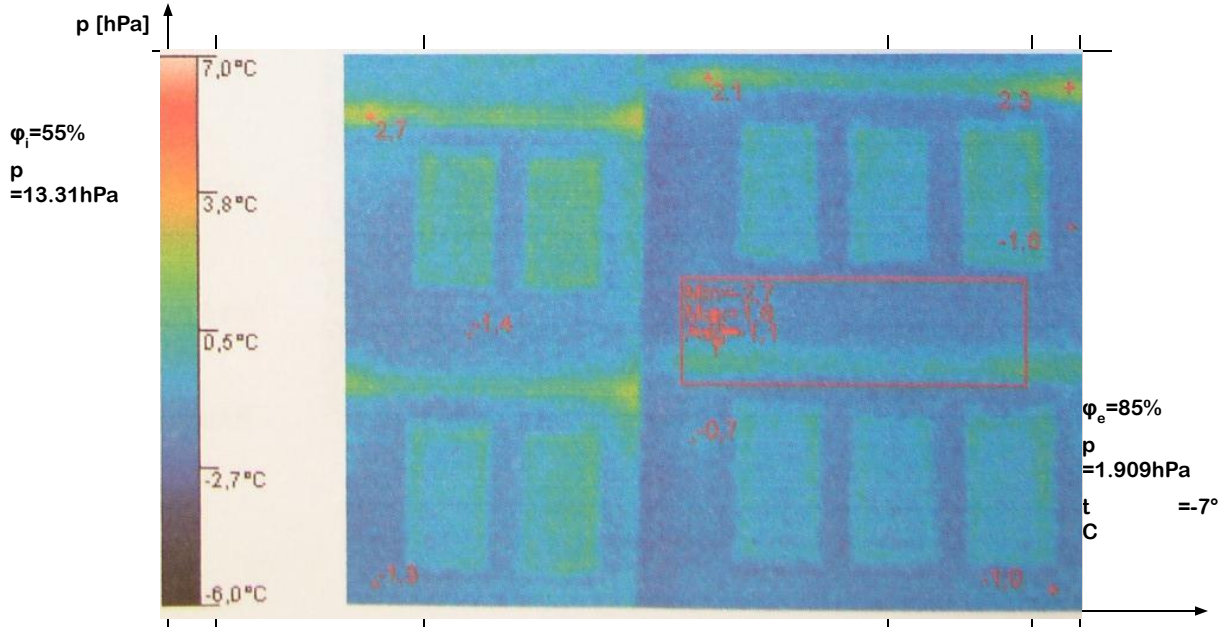
Сравнительный обзор

Многослойная кладка «колодцевого» типа:

ISO Ro = 1.8228

DIN U = 0.5486





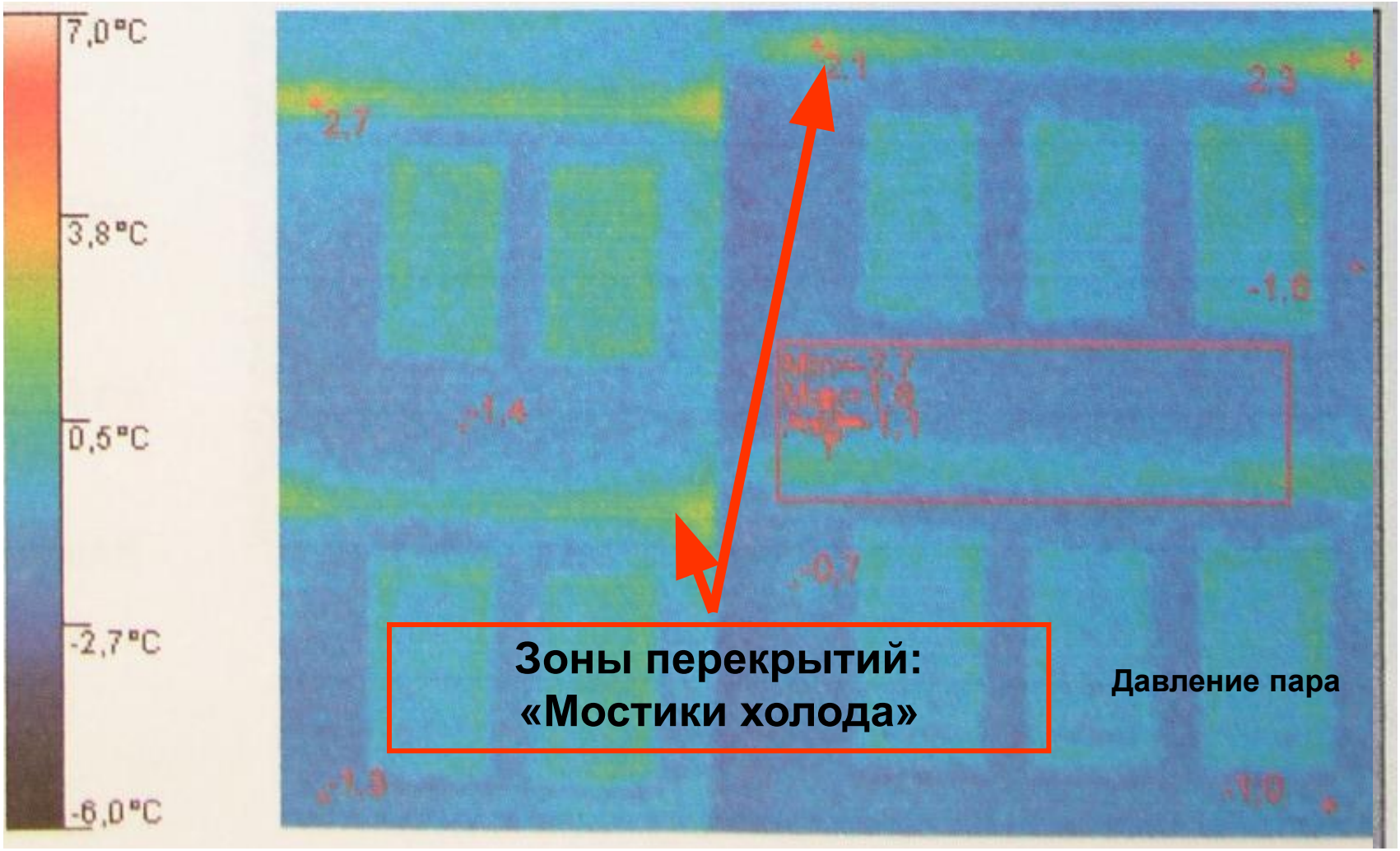
1. Штукатурка – 2 см
2. Пенобетон – 25 см
3. Пенопласт - 5 см
4. Кирпич - 12 см

Паропроницаемость стены **Давление пара**

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

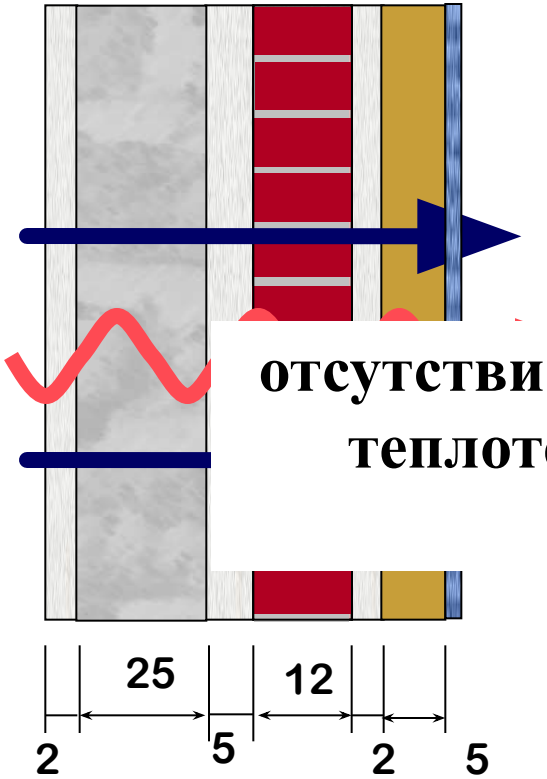
Сравнительный обзор

Многослойная кладка
«колодцевого» типа:



Сравнительный обзор

Многослойная кладка
(наружная теплоизоляция): **ISO** Ro = 2.8233
DIN U = 0.3542



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

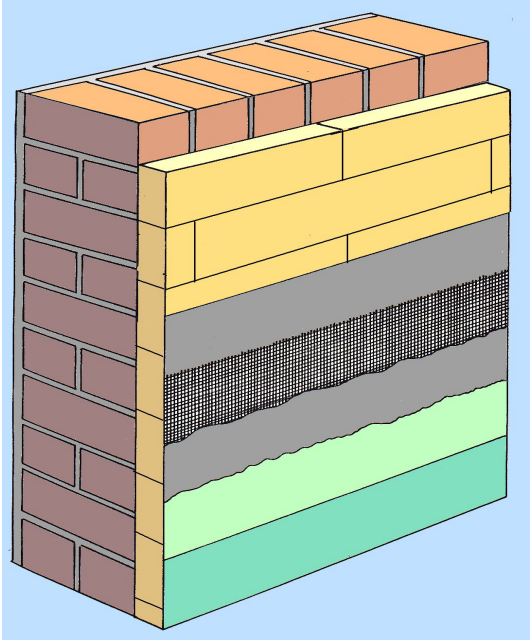
Паропроницаемость стены **Давление пара**

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 конденсации пара в стене.

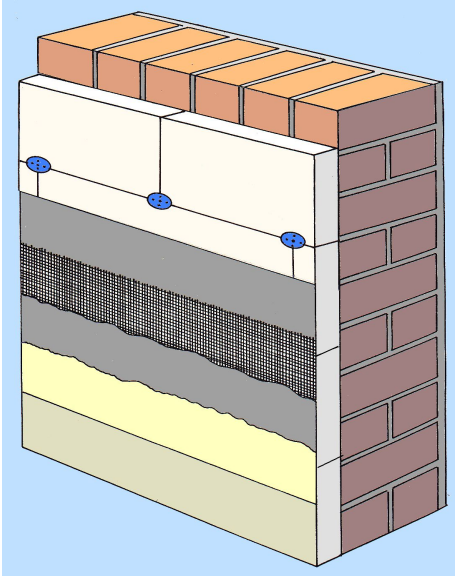
Сравнительный обзор (выбор систем Ceresit WM и VWS)

Ceresit WM



Монолитный железобетон	
Трехслойная панель	
Полнотелый кирпич	
Пустотелый кирпич	
Керамзитобетон	
Газобетон/пенобетон	
Сосновый брус	

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