

Материалы и конструкции для оболочки энергоэффективного здания, ее конструктивные особенности, современные теплоизоляционные материалы для ее создания. Некоторые особенности термовлажностного режима в здании при эксплуатации.

**Соколовский Леонид Викторович**

*Эксперт проекта ПРООН/ГЭФ по вопросам нормативных документов и стандартов в строительстве, председатель ТКС-14.*

# Оболочка.

- Оболочка (envelope)- ограждающие конструкции, части зданий, отделяющие его внутреннее пространство от внешней среды. Ограждающие конструкции включают в себя крышу, стены и окна, а также фундамент (согласно Директиве 2010/31/ЕС).

# Причины снижающие энергоэффективность оболочки

- Тепловые мосты.
- Теплопроводные включения.
- Деформации несущих конструкций.
- Воздухопроницаемость оболочки.
- Влажность строительных материалов.
- Не приспособленность к восстановлению (неремонтопригодность оболочки).
- Не оптимальный срок службы (долговечность).

# Места образования тепловых мостов

- Сочленение крыши и наружных стен.
- Контуры установки оконных и дверных коробок.
- Опираение стен на фундамент.
- Венцы, пояса и перемычки.
- Примыкание перекрытий к конструкциям балкона.
- Стыки материалов с разной теплопроводностью.
- Отверстия в теплоизоляции оболочки без ее восполнения.

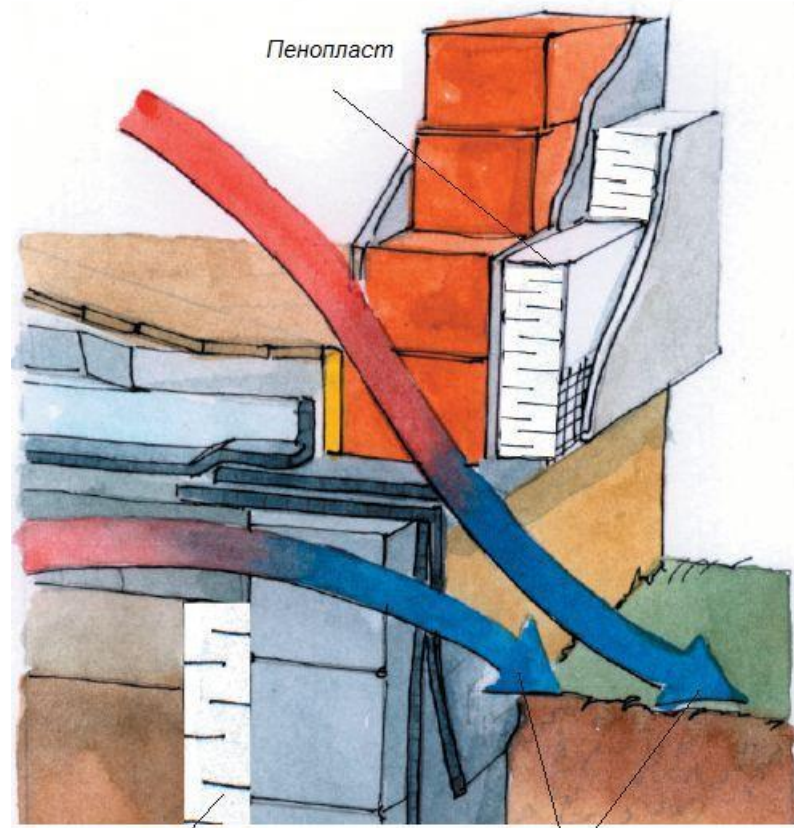
## Принцип распределения функций конструкций и строительных материалов

- Конструкционные материалы, каркас и крепежные элементы должны обеспечивать прочность, ограждающие конструкции и утеплители – тепловую изоляцию, декоративно-отделочные материалы – внешний вид.
- Результат: сокращается количество тепловых мостов и увеличивается срок службы (долговечность) здания.

# Теплопроводные включения

Дополнительные теплотери:

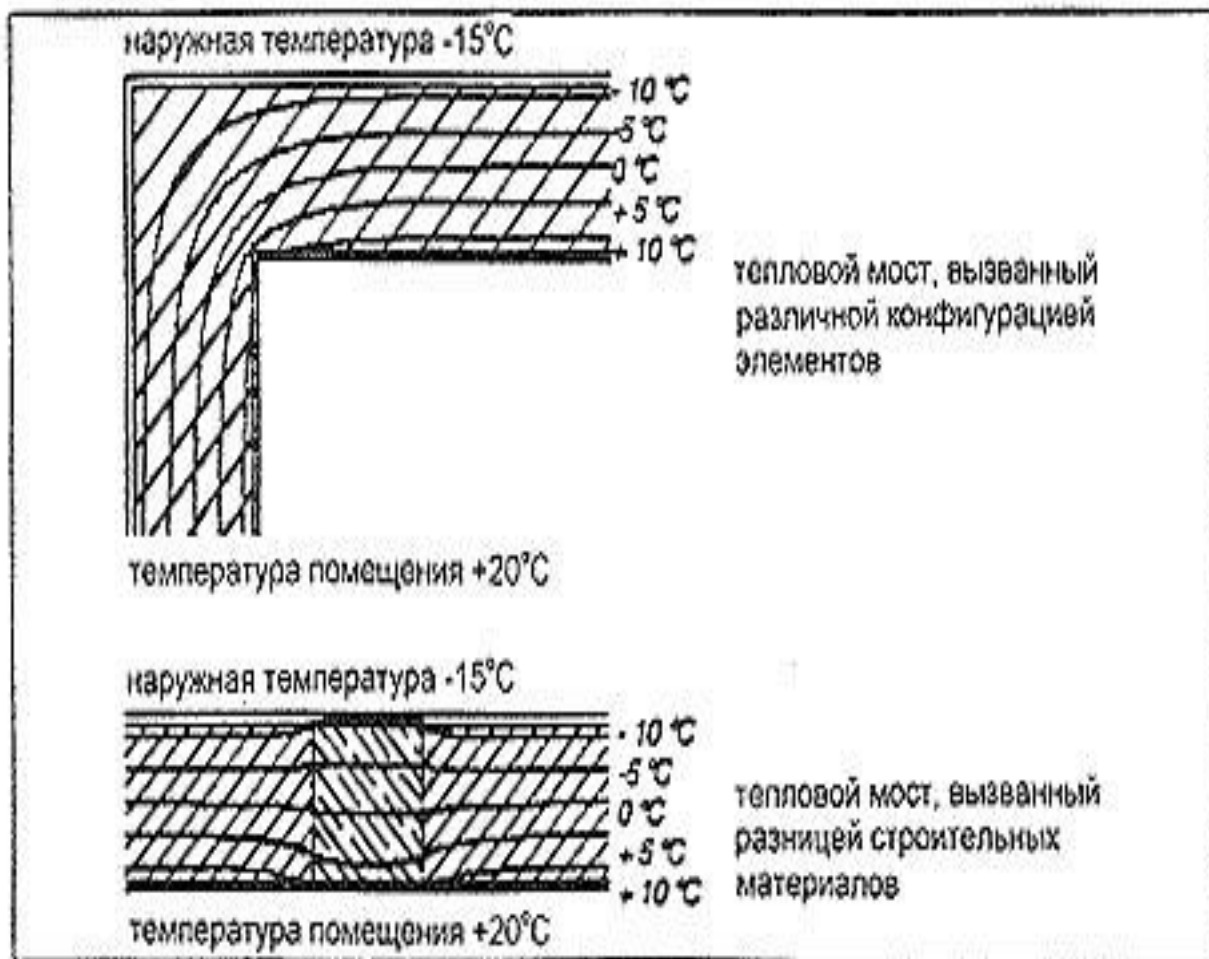
- Швы на цементно-песчаном растворе толщиной 10-12 мм при кладке из ячеистобетонных и керамических блоков - 27% (при кладке на клею 2мм – всего 7%).
- Стальные и алюминиевые элементы крепления фасадных систем (6 шт. на один м<sup>2</sup>. ) – 30%.
- Наличие теплопроводных включений учитывается введением коэффициента теплотехнической однородности  $g$ .



Пенопласт

Пенопласт

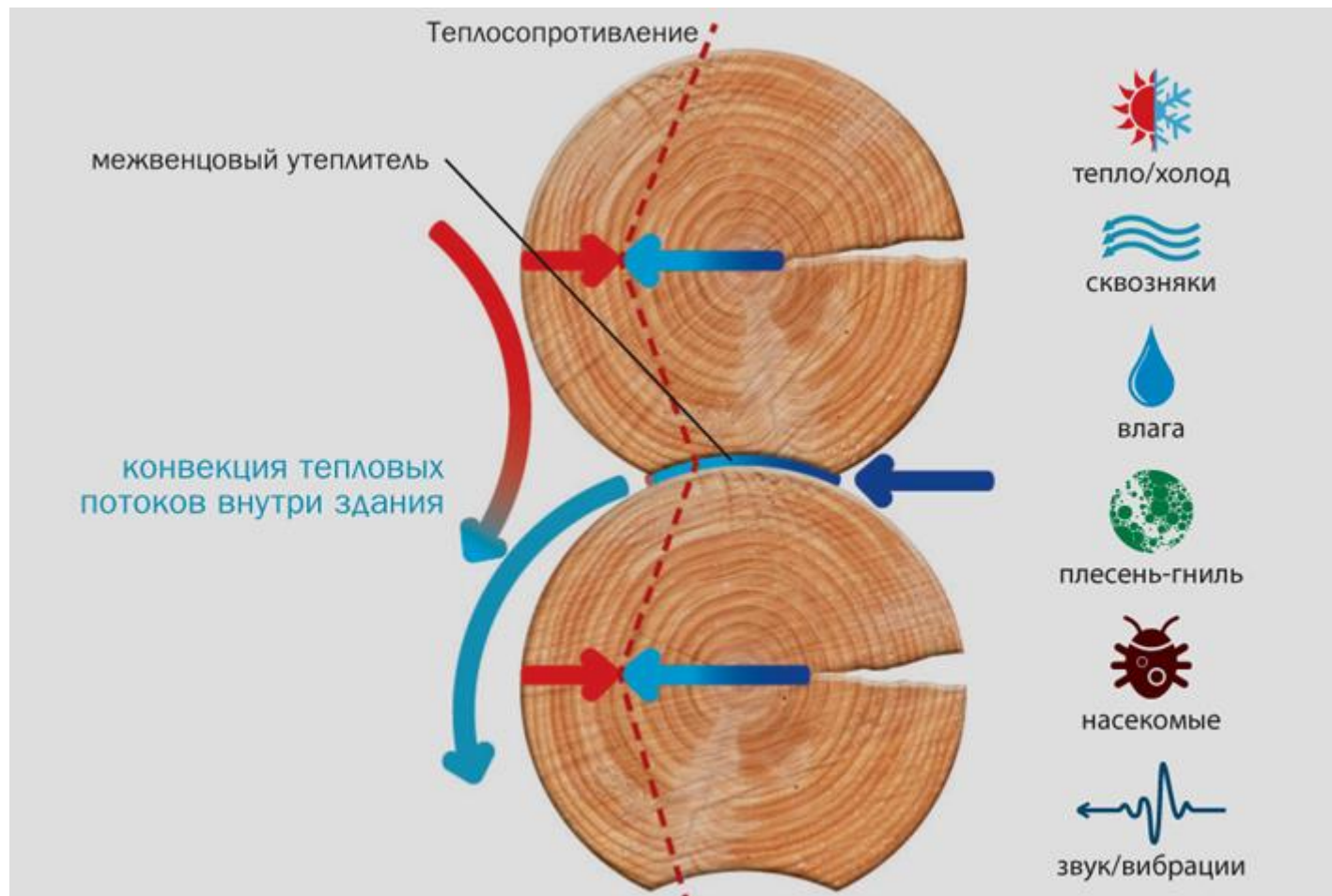
Так уходит тепло



Тепловые мосты

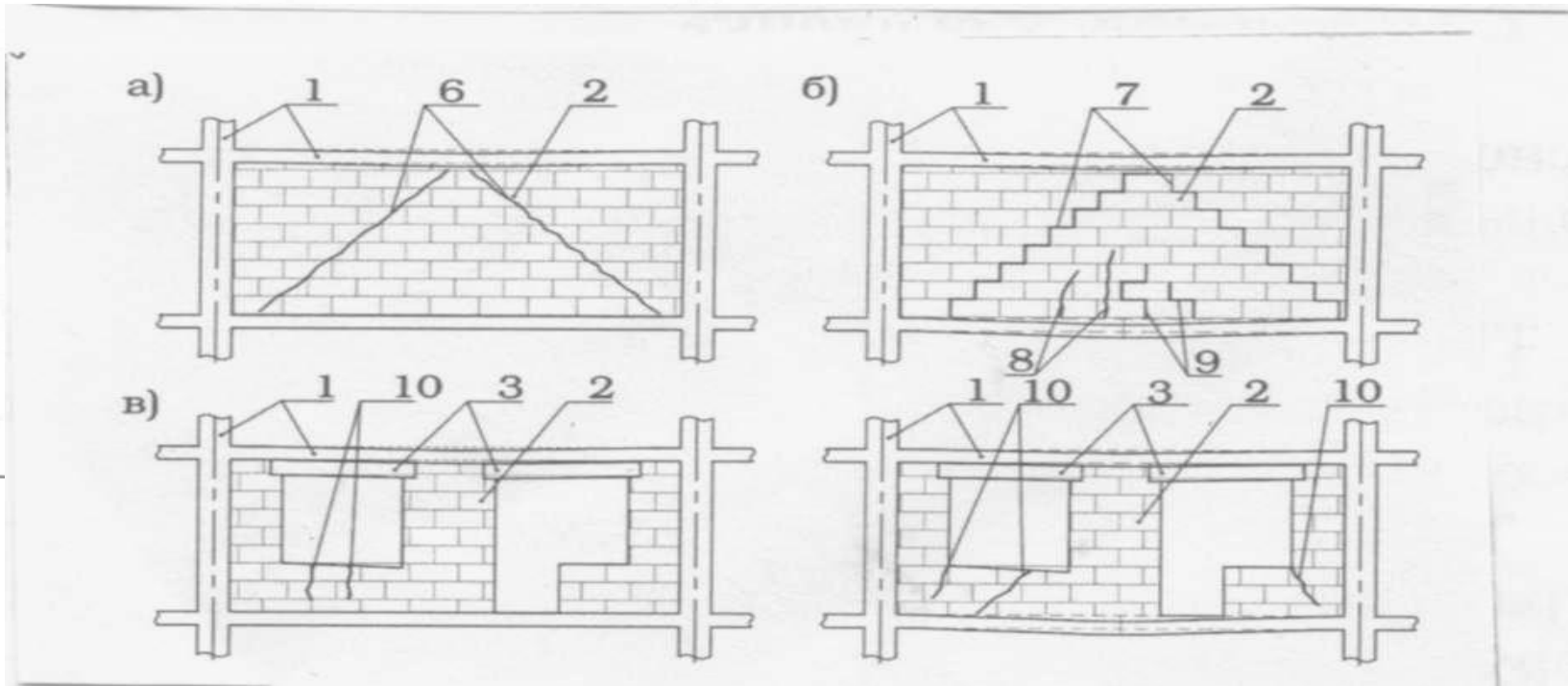






**Здание можно классифицировать как «без  
ТЕПЛОВЫХ МОСТОВ» если выполняется  
условие: линейный коэффициент,  
учитывающий теплопотери через  
линейные тепловые мосты  
 $\Psi_a \leq 0,01$  Вт/мК.**

# Деформации несущих конструкций



**Характер повреждения кладки наружных стен на глухом участке и с проемами при прогибе края верхнего или обоих дисков перекрытия.**

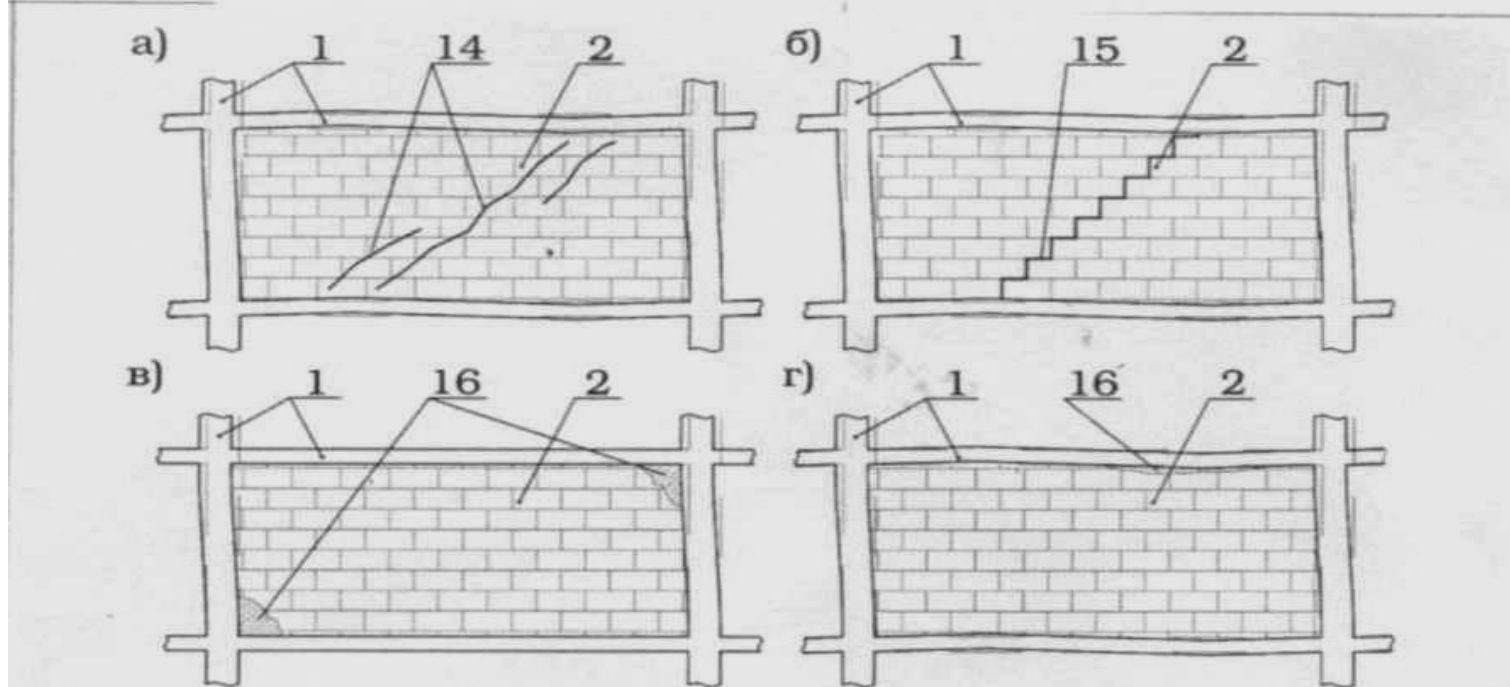
*а - развитие трещин по направлениям главных сжимающих напряжений;*

*б - развития трещин при прогибах обоих перекрытий;*

*в - повреждения кладки вблизи проемов.*

*1- элементы каркаса;*

*2- кладка наружных стен; 3- перемычки; 6 - наклонные трещины в теле кладки по траекториям главных сжимающих напряжений; 7 - ступенчатые наклонные трещины продавливания по швам кладки; 8 - нормальные трещины в растянутой зоне по телу кладки; 9 - то же, по швам; 10- нормальные и наклонные трещины в подоконной зоне .*



**Характер повреждения кладки наружных стен на глухом участке при сдвиговых деформациях колонн и перекрытий.**

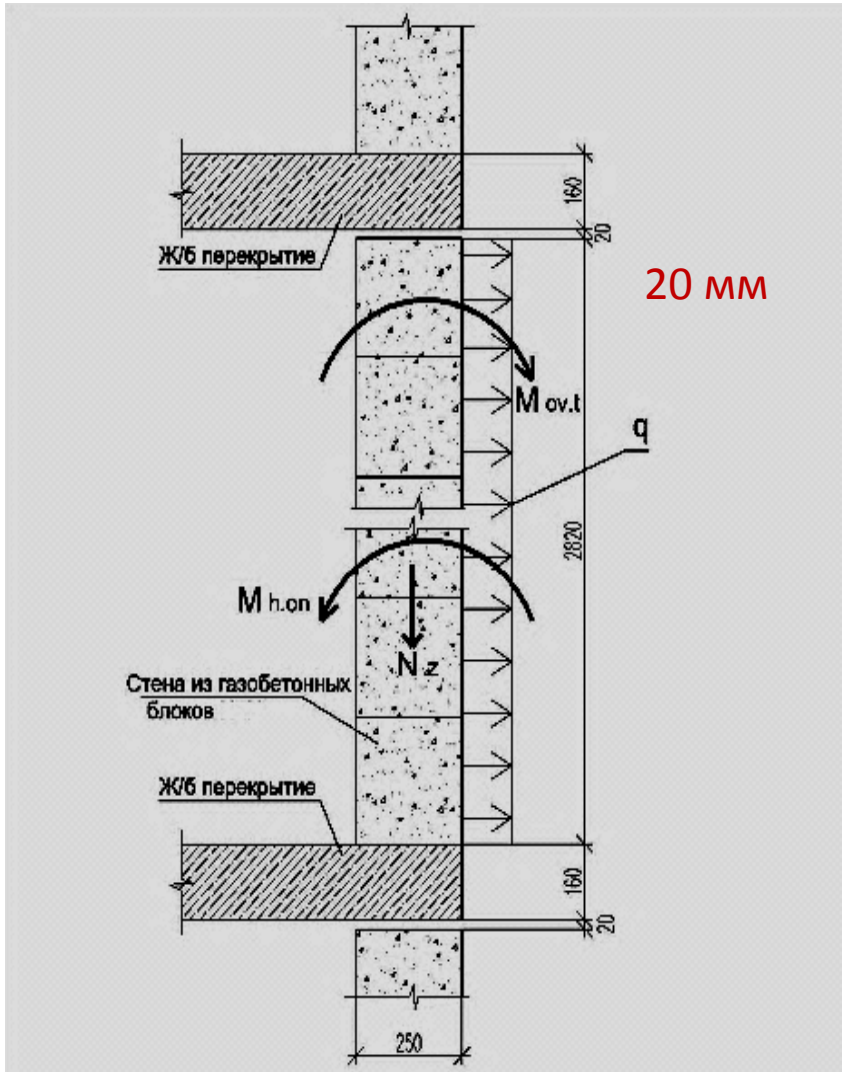
*а - развитие трещин на глухом участке стены вследствие деформаций перекрытия по направлениям главных сжимающих напряжений;*

*б - развитие трещины на глухом участке стены по наклонной штрабе вследствие деформаций перекрытия; в - локальные повреждения кладки при деформациях колонн;*

*г - локальные повреждения кладки стены с проемами при деформациях перекрытий; 1-элементы каркаса; 2- кладка наружной стены;*

- *наклонные трещины по траекториям главных сжимающих напряжений;*
- *трещины в кладке простенков от изгиба по неперевязанному сечению;*
- *локальные повреждения кладки в местах передачи локальных усилий с каркаса на кладку.*

# Схема действующих на фрагмент стенового заполнения опрокидывающего и удерживающего моментов



Часто стену выдвигают наружу за край плиты перекрытия для размещения утеплителя, для ликвидации теплового моста. Расчет необходимо вести с учетом возникающего эксцентриситета

# **ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТЬ**

**СТБ EN 13829.** ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗДАНИЙ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ  
ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ ЗДАНИЙ. МЕТОД  
ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЙ.

**ГОСТ 31167-2009** Здания и  
сооружения. Методы определения  
воздухопроницаемости ограждающих  
конструкций в натуральных условиях.



**За то, насколько жилье энергоэффективно, как в нем будет тепло и комфортно, отвечают три фактора:**

- Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций;**
- Воздухопроницаемость** ограждающих конструкций;
- Эффективность работы систем отопления, вентиляции и кондиционирования.**

**Для комфортного проживания необходимо чтобы эти все факторы соответствовали нормам.**

# Классы воздухопроницаемости ограждающих конструкций

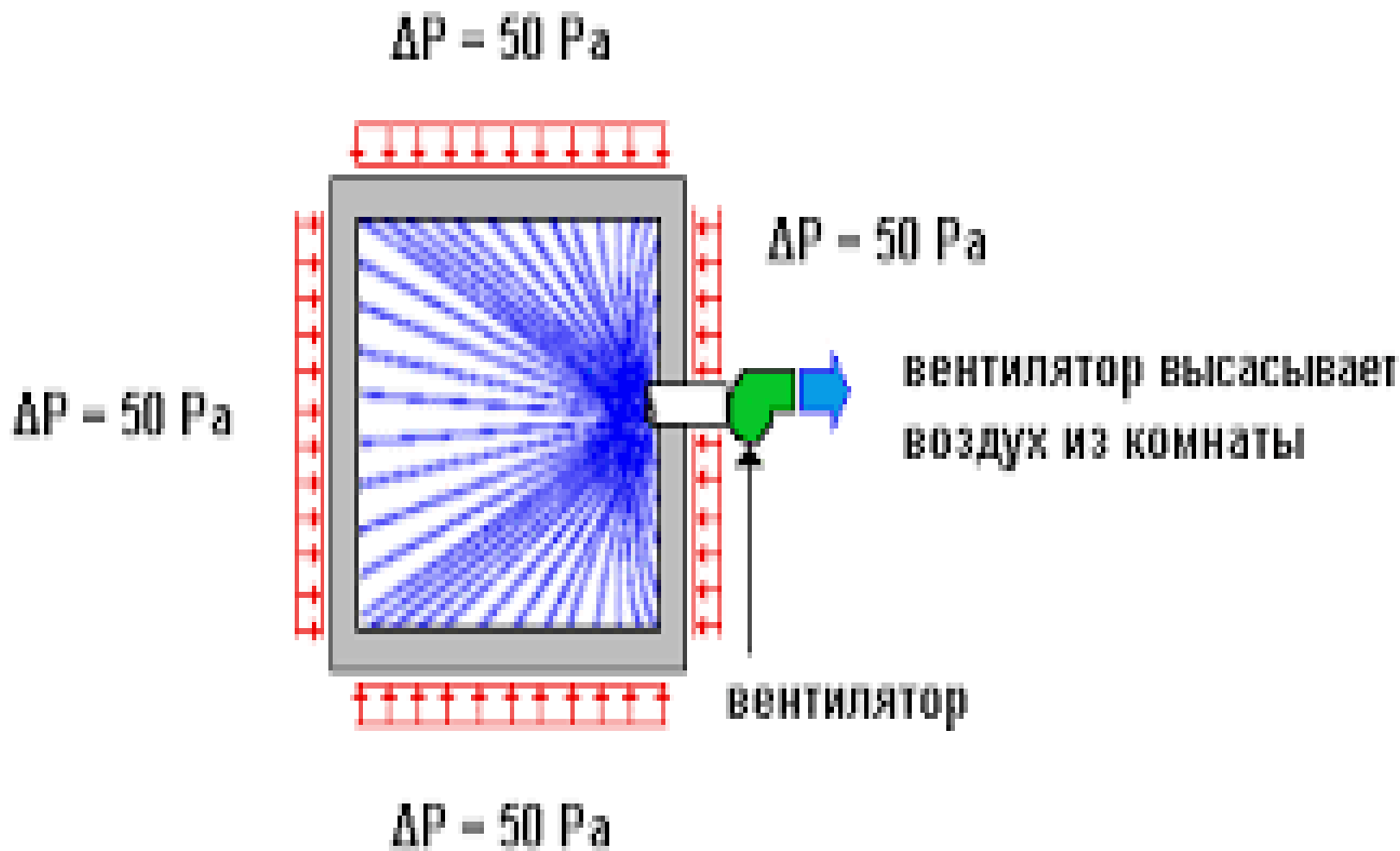
- Классификация воздухопроницаемости ограждающих конструкций объекта по кратности воздухообмена при  $\Delta p = 50$  Па (n50, ч -1) [помещения, группы помещений (квартиры) жилых многоквартирных, общественных, административных, бытовых, сельскохозяйственных, вспомогательных помещений производственных зданий и сооружений, а также многоквартирных зданий в целом] приведена в таблице 1
- При установлении классов воздухопроницаемости «умеренная», «высокая», «очень высокая», следует принимать меры по снижению воздухопроницаемости объектов. При установлении классов «низкая» и «очень низкая» в объектах, имеющих **вентиляцию с естественным побуждением**, следует принимать меры, обеспечивающие дополнительный приток свежего воздуха.

# гост 31167-2009

Таблица 1

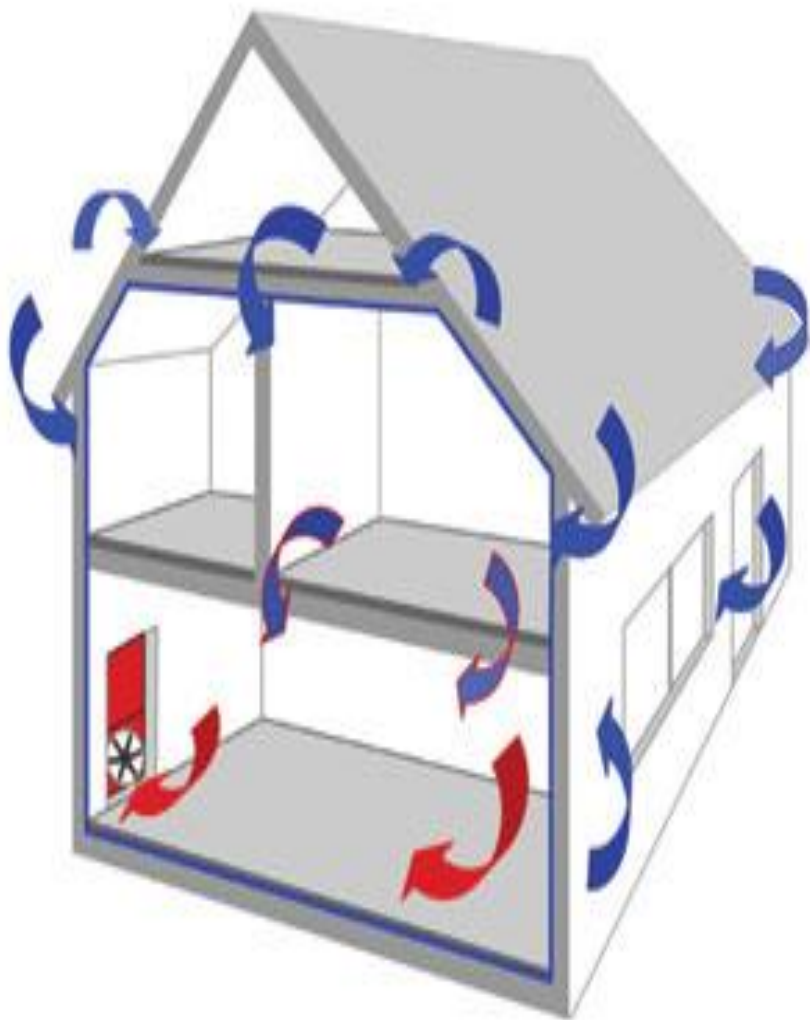
Кратность воздухообмена при $\Delta p = 50 \text{ Па}$ ( $n_{50}, \text{ч}^{-1}$ )	Наименование класса
$n_{50} < 1$	Очень низкая
$1 \leq n_{50} < 2$	Низкая
$2 \leq n_{50} < 4$	Нормальная
$4 \leq n_{50} < 6$	Умеренная
$6 \leq n_{50} < 10$	Высокая
$10 \leq n_{50}$	Очень высокая

**Справка. В Москве при сдаче дома в эксплуатацию с 2014 года будет производиться выборочная проверка на воздухопроницаемость.**



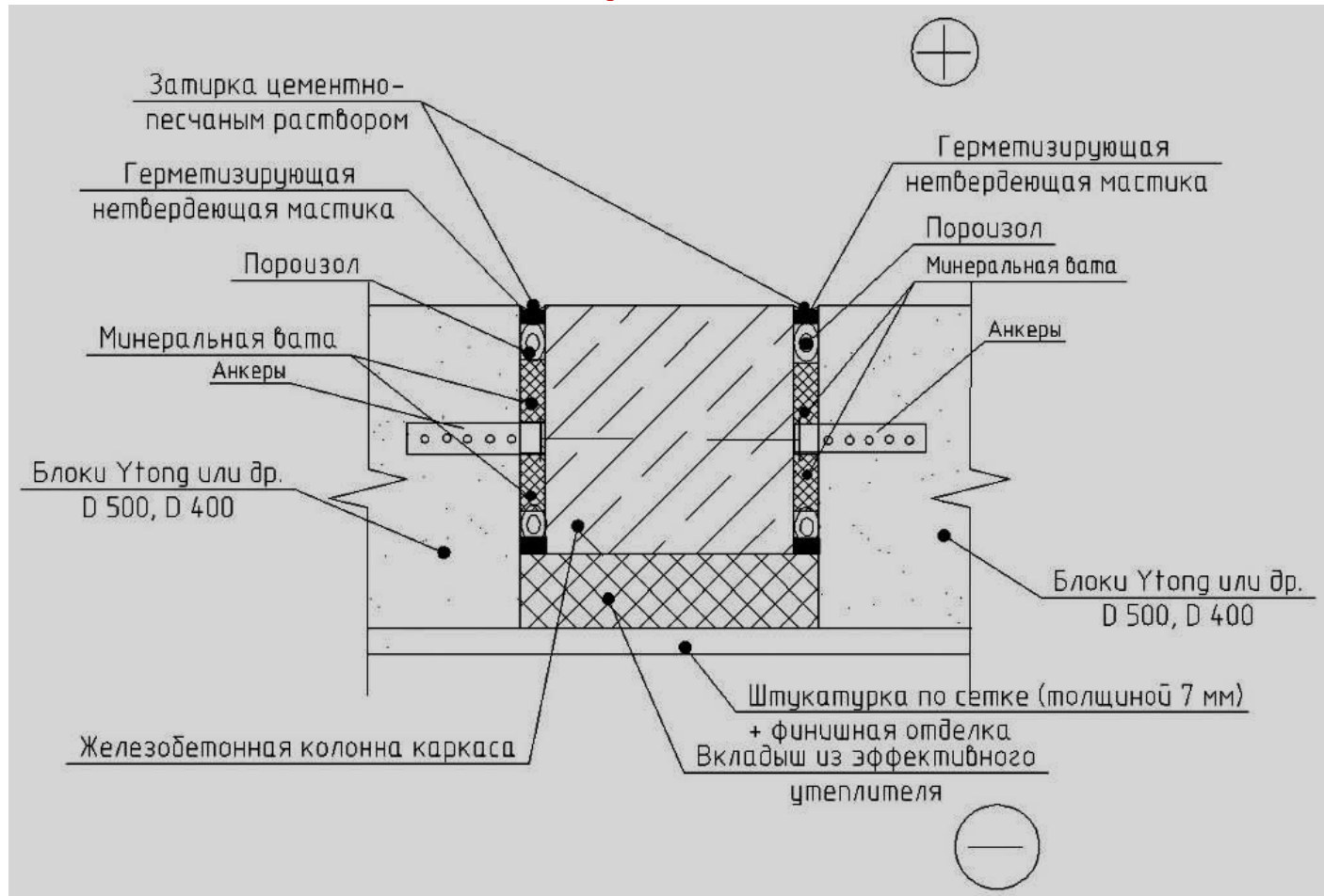
**Схема проведения испытаний на воздухопроницаемость**

# Сема проведения испытаний на воздухопроницаемость.

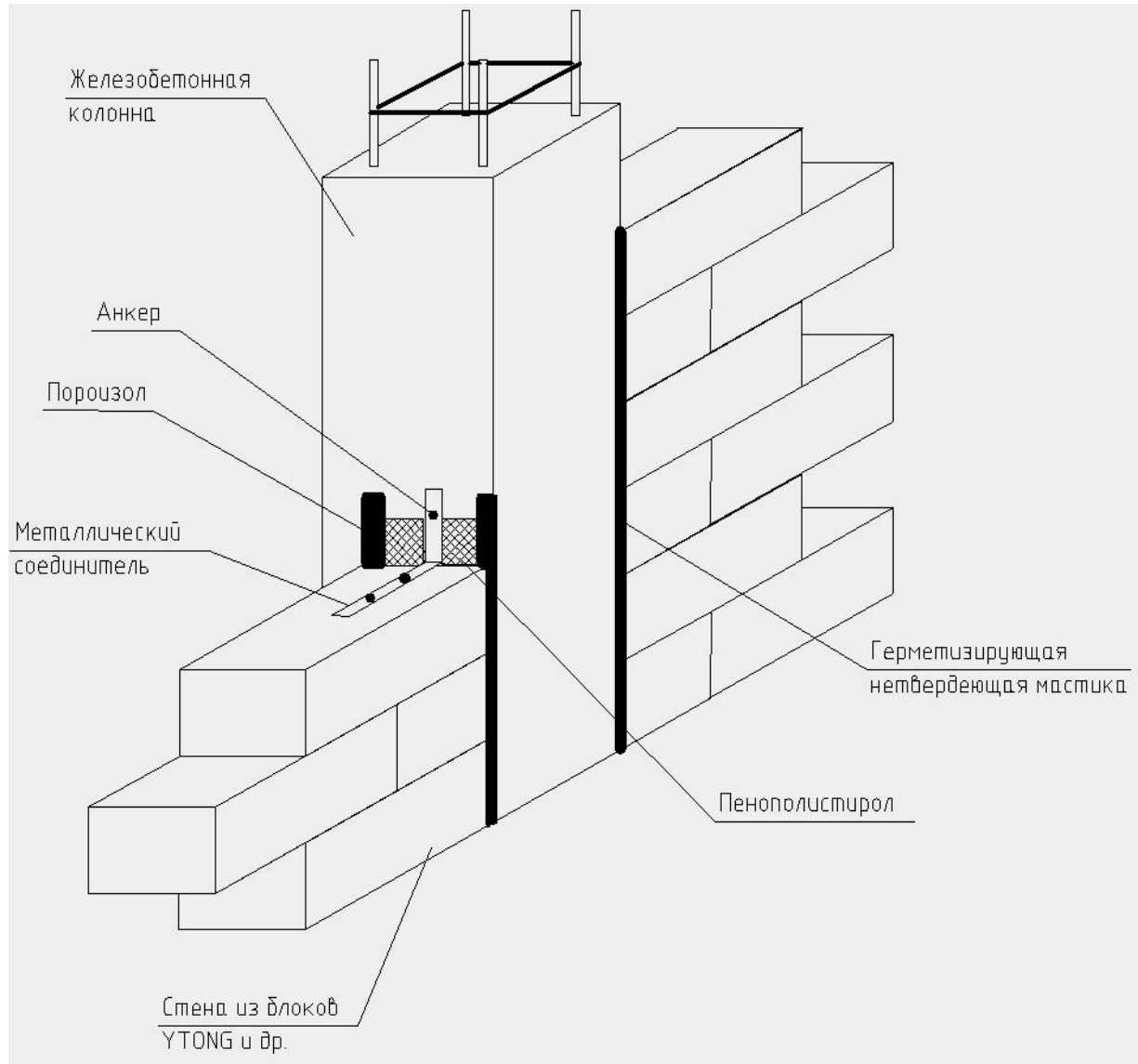


# Варианты сопряжения колонны каркаса с самонесущей стеной из ячеистого бетона и швы обеспечивающие ветронепроницаемость стыка :

## вариант 1



## Вариант 2.



## Вариант 3.



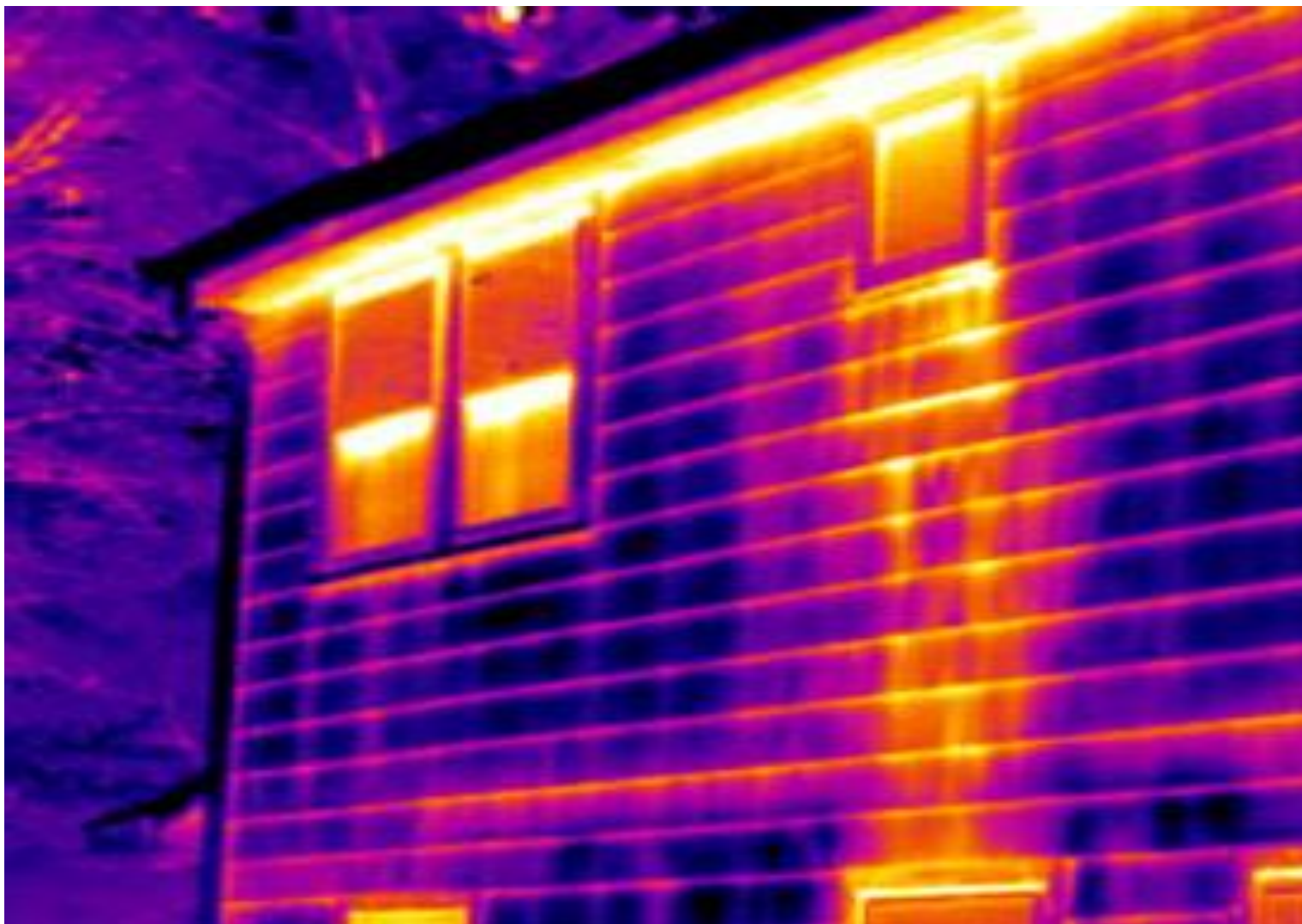
**Заполнение вертикального шва при кладке стены.**



Укладка керамических блоков.  
Незаполненные вертикальные швы паз-  
ребень. Швы необходимо заполнять.



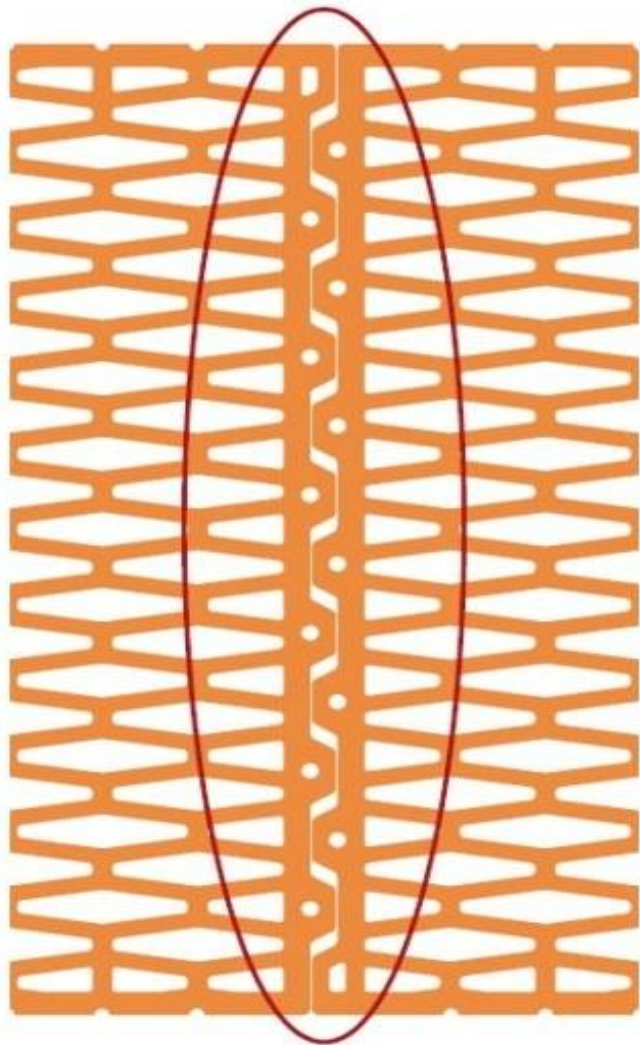
# Результаты тепловизорной съемки стен из блоков.



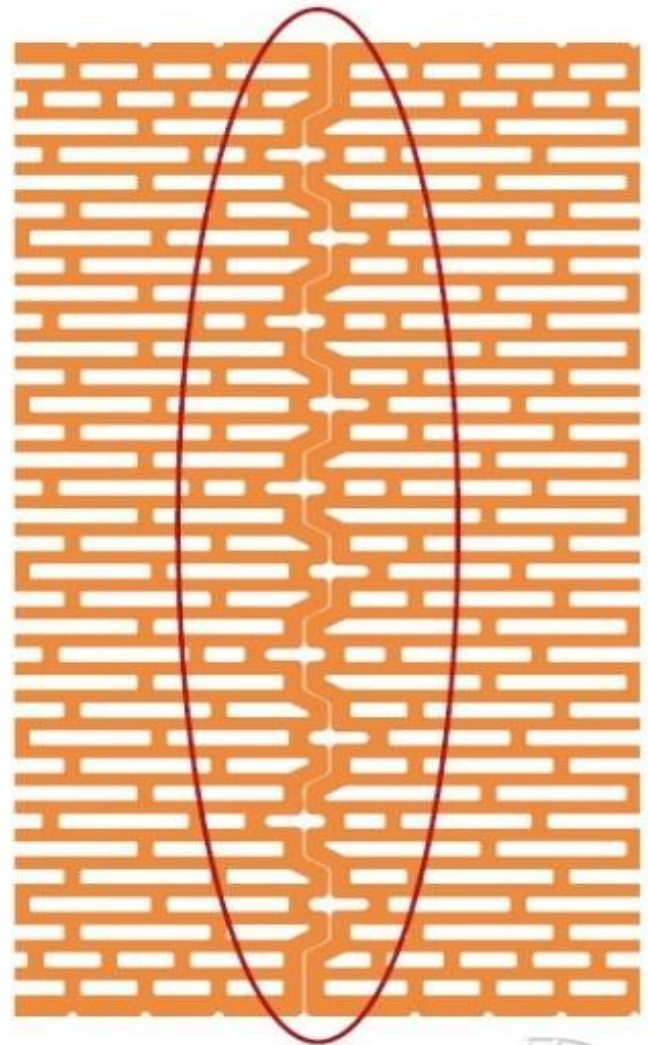




**Воздухопроницаемость таких блоков необходимо дополнительно изучать.**



POROTHERM 44 P+W

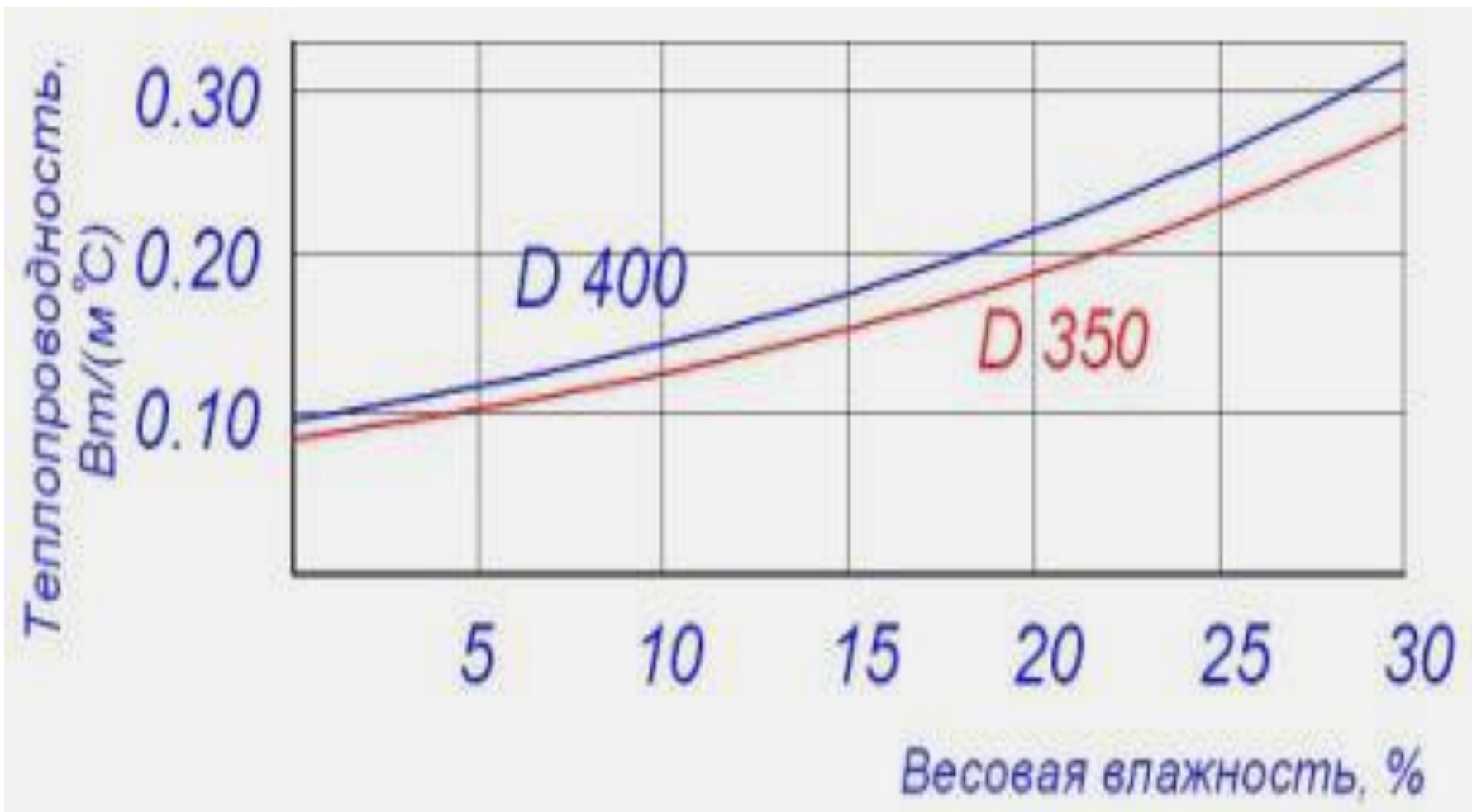


POROTHERM 44 EKO+ 

Исследования показали, что наличие инфильтрации увеличивает коэффициент теплопередачи рассматриваемого ограждения до **19%** больше значения рассчитанного без учета инфильтрации.

# Влажность строительных материалов

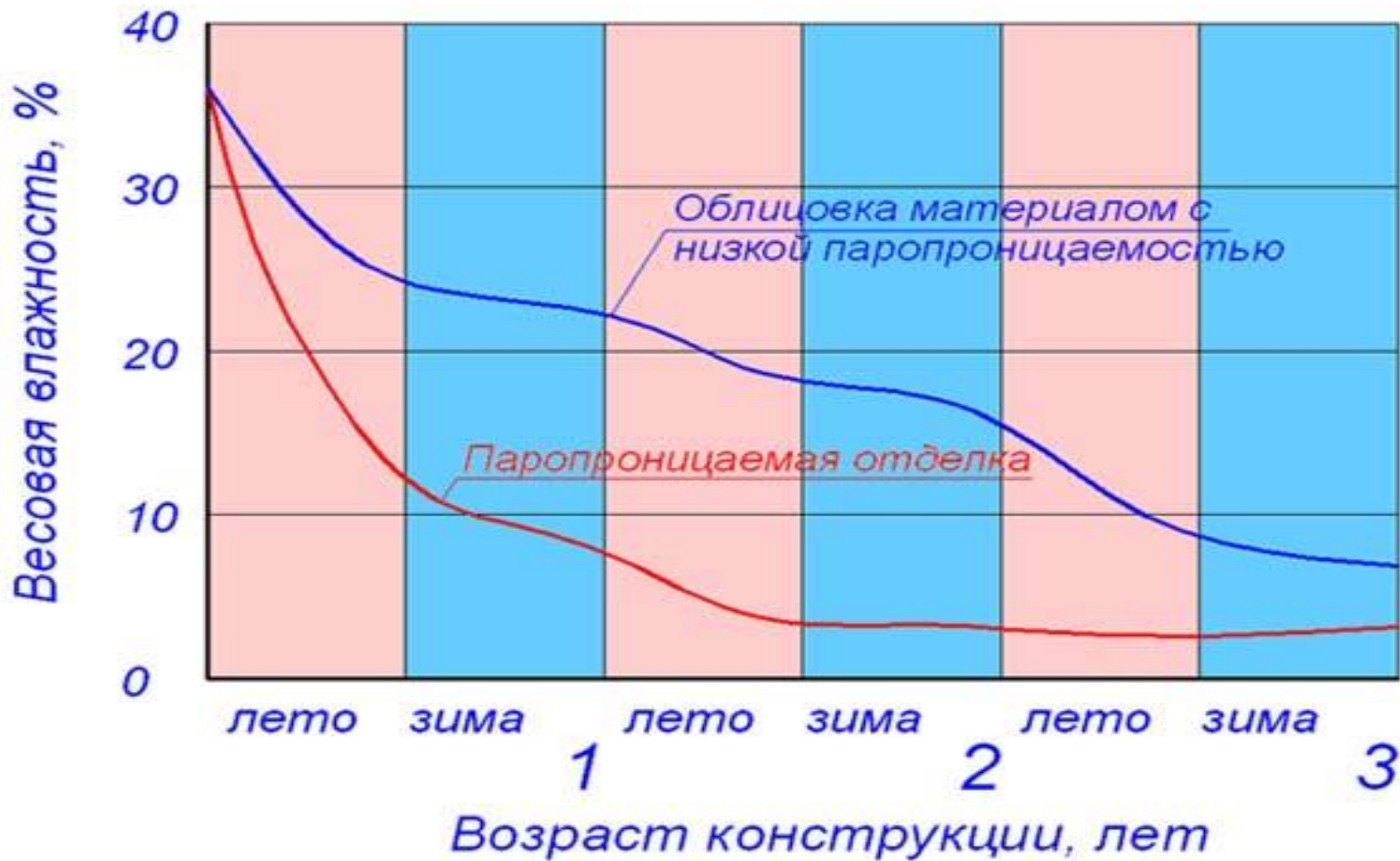
***Накопление влаги в ограждающей конструкции является основным фактором, приводящим к ее разрушению, потере теплоизоляционных свойств, образованию плесени, грибков, и ответственным за влажностный режим помещения. Поэтому всегда необходим качественный анализ всех возможных причин и процессов увлажнения ограждающей конструкции: конструкционная влага, внешнее капиллярное впитывание, мокрые процессы внутри помещения, сорбция и диффузия водяных паров через ограждающую конструкцию, и т.д.***

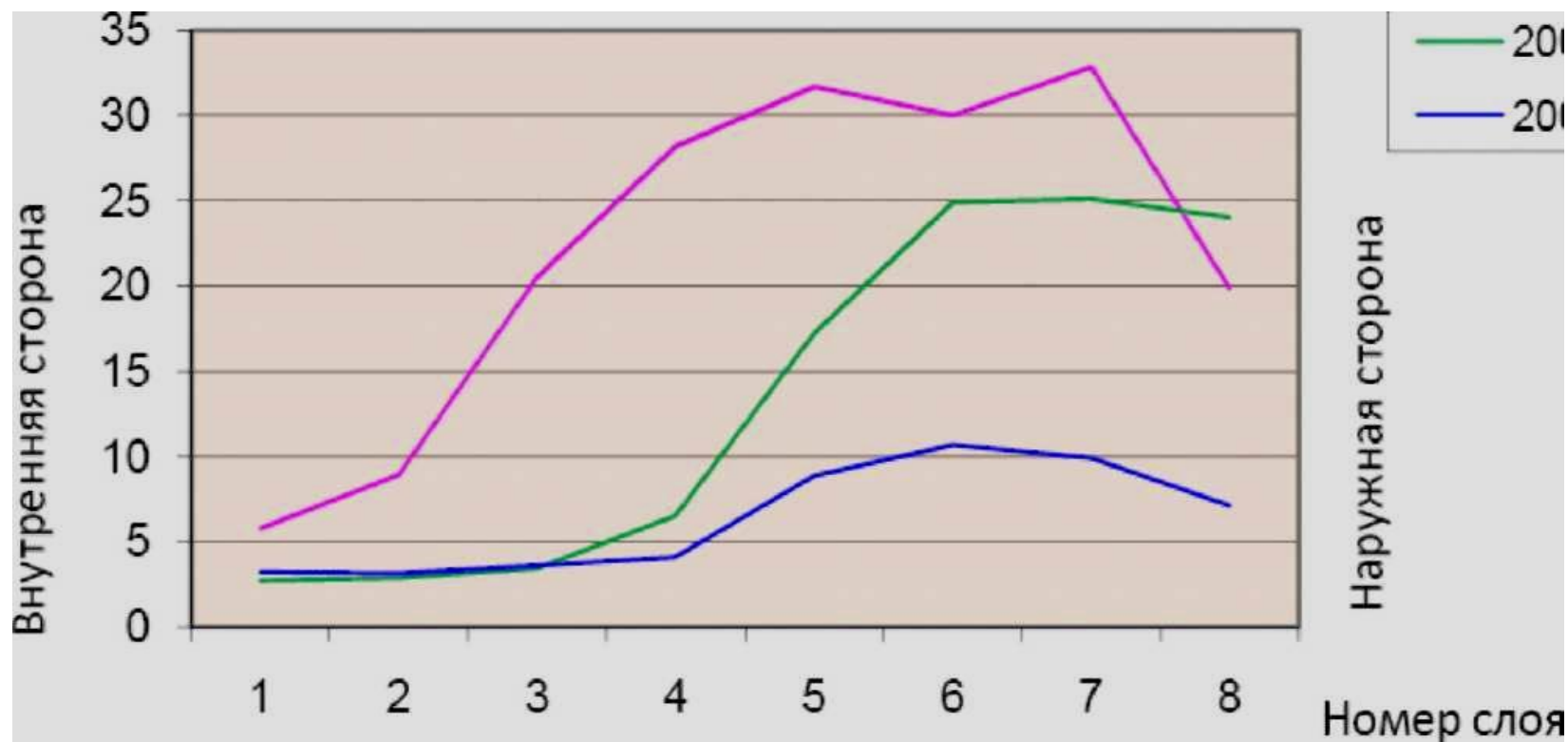


**Графическое изображение зависимости теплопроводности от весовой влажности для ячеистобетонных блоков плотностью 350 и 400 кг/м<sup>3</sup>**



## Графически высыхание ячеистого бетона





**Весовая влажность, распределенная по слоям (приведена в %).**

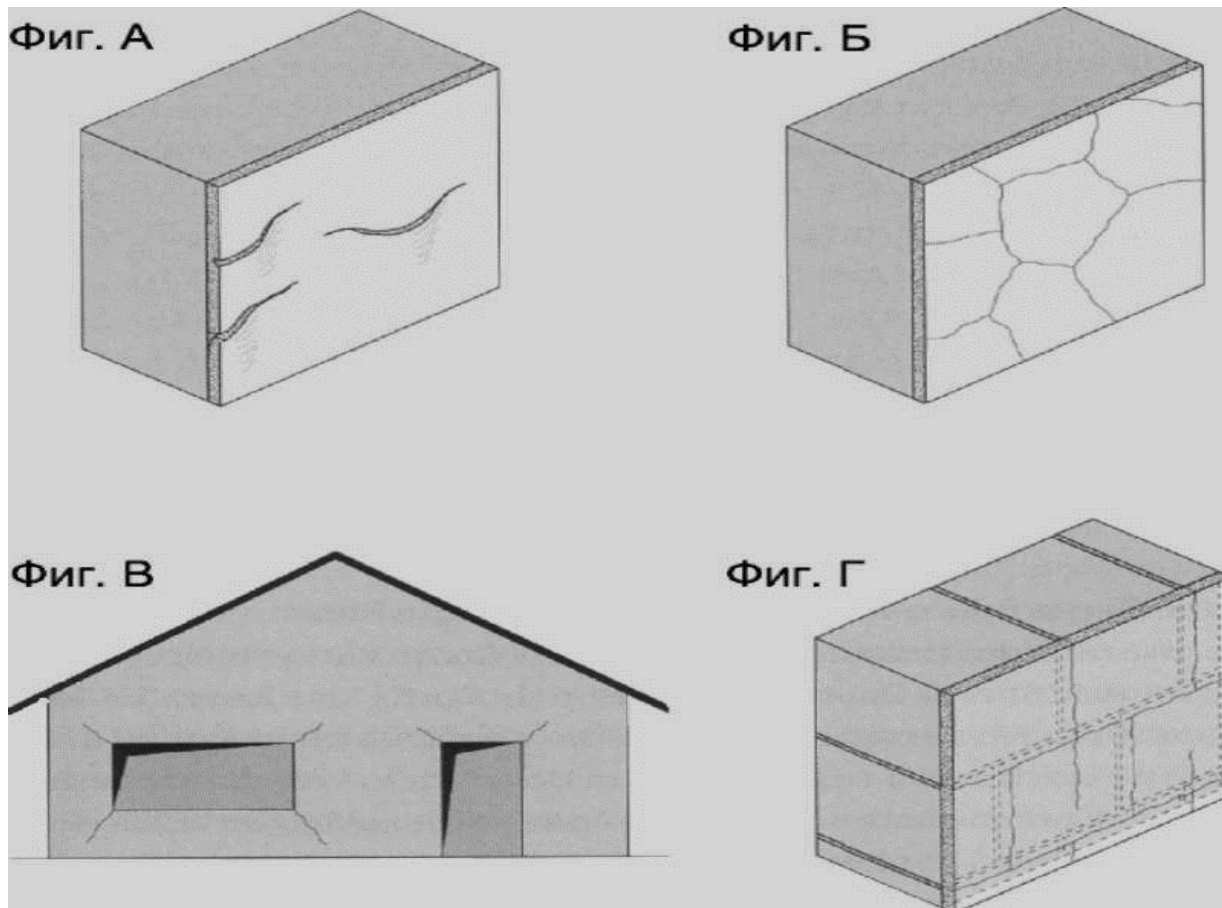
**Красная**

**линия соответствует измерениям , проведенным в 2005 году,**

**зеленая**

**– в 2006 году, синяя – в 2007 году.**

**Толщина слоя 3-4см**



**Характерные дефекты отделочного слоя: фигура А - осадка свежей штукатурки; фигура Б - усадка поверхностного слоя при высыхании газобетона; фигура В - трещины в углах оконных и дверных проемов; фигура Г - усадочные трещины в клеевых или растворных швах**



ГАЗ  
г2 32 мм  
9.4

# Ремонтопригодность и долговечность оболочки.

- Ремонтопригодность(maintainability) – приспособленность к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта.

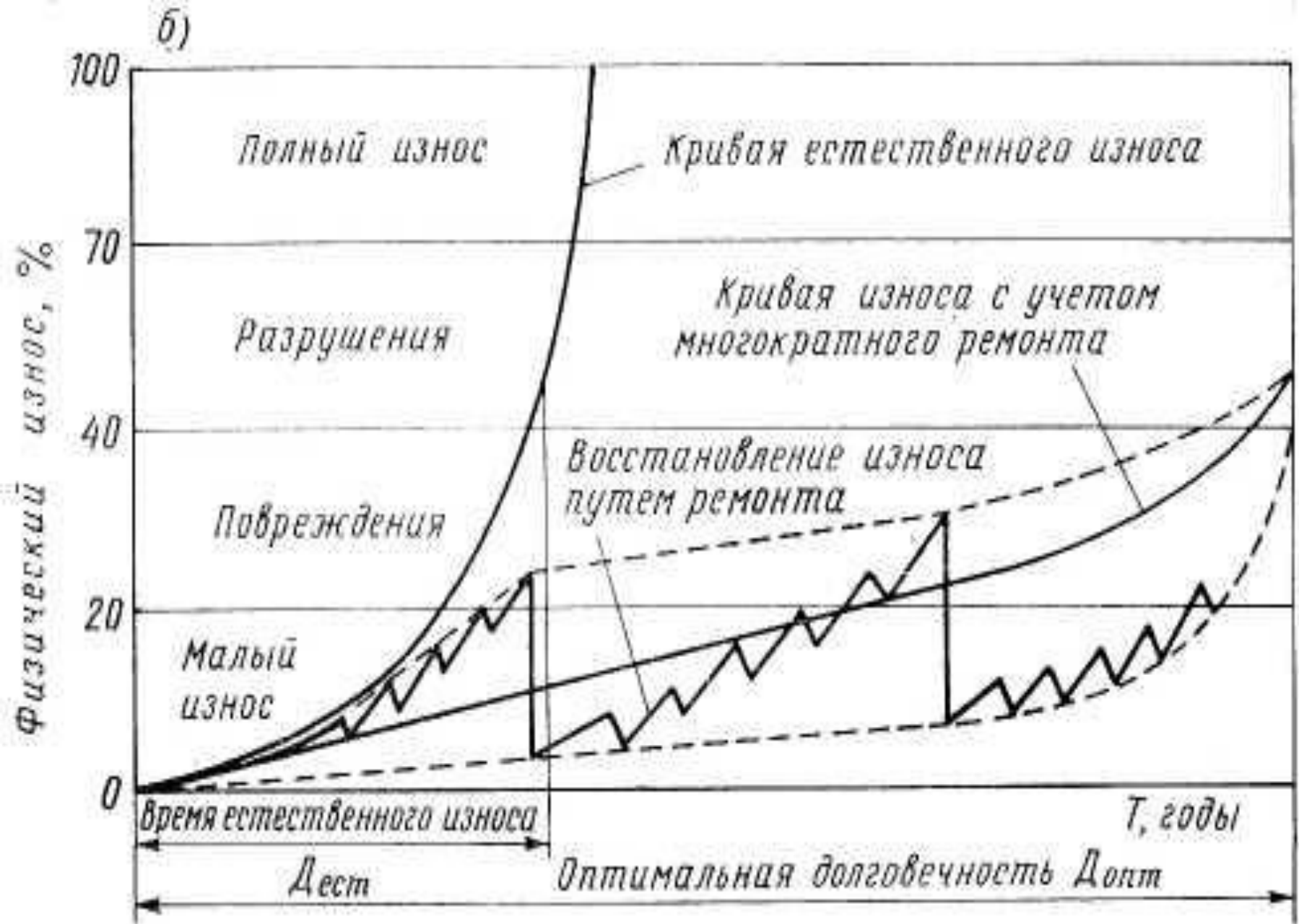
# Ремонтопригодная оболочка.

- Оболочка, которая состоит из разных слоев, долговечность которых примерно одинакова. Конструкция такой стены предусматривает упрощенную замену материалов или узлов на новые, т. е. конструкция должна быть ремонтнопригодной.
- Пример. Утеплитель внутри стены, КПД.



127

**Долговечность здания определяется долговечностью его основных конструкций т. е. фундаментов, несущих стен или каркаса.**





**Влажностный режим и его  
влияние на  
энергоэффективность здания**

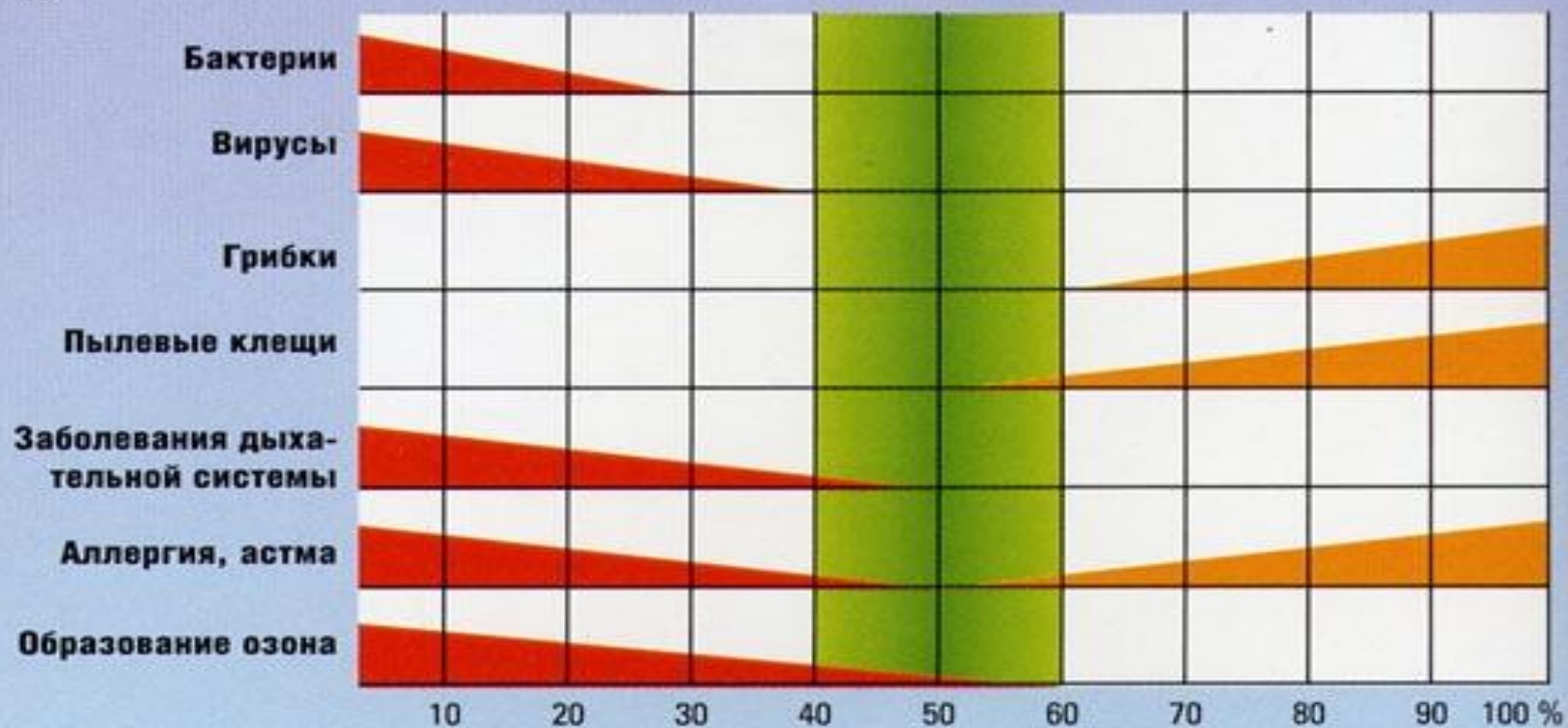
- *Контроль влажности в зданиях – это ключевое условие повышения их долговечности, энергоэффективности, эффективного использования, здорового микроклимата. Знание источников увлажнения и механизмов влагопереноса в здании и в ограждающих конструкциях позволит специалистам улучшить проектные решения зданий и систем кондиционирования воздуха, а жителям, проживающим в этих зданиях, разобраться в причинах появления влаги.*





## Оптимальный уровень влажности для помещений

Медики рекомендуют поддерживать влажность воздуха в помещении на уровне 40 – 60 %. При такой влажности мы чувствуем себя максимально комфортно, а это значит, что эти условия идеальны для нашего здоровья, для животных и растений, для мебели и музыкальных инструментов и т.д.



## ***Признаки низкой влажности воздуха в квартире:***

- сонливость, усталость, частые респираторные заболевания, сухость кожи, преждевременные морщины, чувствительные и болезненные слизистые оболочки, сохнут и скручиваются кончики листьев домашних растений. Высокая влажность воздуха в квартире способствует образованию плесени и грибков, размножению пылевых клещей, которые в свою очередь могут вызывать аллергические реакции, снижать иммунитет, приводить к респираторным заболеваниям.



- ***Признаки высокой влажности воздуха в квартире:***
- **головные боли, аллергические реакции, одышка, кашель, кожные воспаления, зуд.**
- ***Для справки. Нормы относительной влажности, согласно ГОСТ 30494-96 «Здания общественные и жилые. Параметры микроклимата в помещениях»\* и шкала влажности воздуха.***
- ***Относительная влажность в помещении:***  
***Холодный период: 30 - 45%, допустимая влажность 60%;***  
***Теплый период: 30 – 60%, допустимая влажность 65%;***
- ***Не нормируются:***  
***кухня, туалет, ванная, вестибюль, лестничная клетка, кладовая, прочие помещения с временным пребыванием людей.***

Относительная  
влажность

## Шкала влажности воздуха

100%



Насыщенный водяными пара-  
ми воздух

90%

80%

70%

60%

50%

40%

30%

20%

10%

0%

Воздух как в джунглях - усло-  
вия в летней теплице в облас-  
тях с умеренным климатом

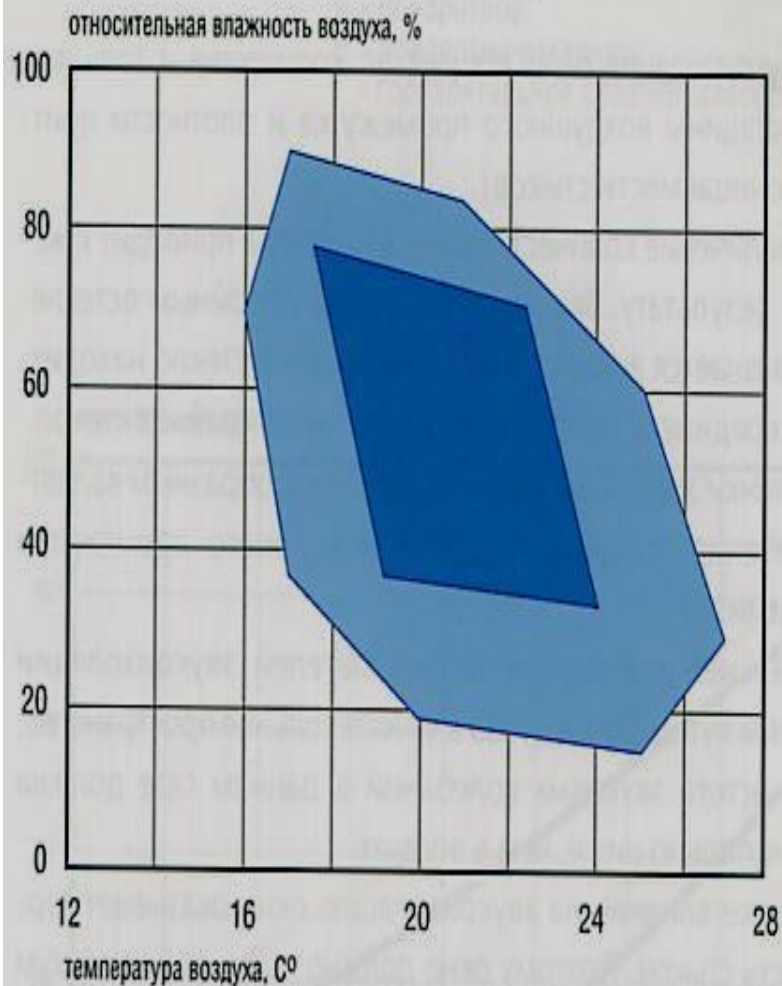
Летний день в областях с уме-  
ренным климатом - самые  
лучшие условия для  
комнатных растений при  
обычных условиях

Воздух как в пустыне - тако-  
ва атмосфера зимой в ком-  
нате с центральным отопле-  
нием в областях с умеренным  
климатом

Абсолютно сухой воздух - в  
естественных условиях тако-  
го не бывает



Диаграмма для определения благоприятного климата с учетом температуры и влажности воздуха.



- благоприятный климат
- удовлетворительный климат

### Источники испарения

г/ч

Источники испарения	г/ч
Горячий душ	2000
Кипящая на плите кастрюля с открытой крышкой	900
Работающая на сильном огне газовая плита	400
Потоотделение человека при высокой физической нагрузке	400
Кастрюля с закрытой крышкой	350
Теплый душ	300
5 кг белья для сушки	200
Газовая плита (слабый огонь)	100
Потоотделение человека при слабой физической нагрузке	100
Горячее блюдо на столе	60
Дыхание человека в состоянии покоя	50

- **Причины появления влаги в ограждающих конструкциях**
- **1. Строительная** влага, это влага, которая вносится в ограждение при возведении здания или при изготовлении строительных материалов и конструкций. Количество влаги, вносимой в ограждение при его создании, зависит от конструкций ограждения и от способа производства работ. Строительная влага не оказывает влияния на влажностный режим ограждающей конструкции, если она удаляется через 1-3 года.
- **2. Грунтовая** влага, это влага, которая проникает в ограждение из грунта вследствие капиллярного всасывания и может подниматься до 2-2,5 метров от уровня земли. Для предохранения от этой влаги, в ограждающих конструкциях устраивается гидроизоляция.
- **Атмосферная** влага, которая проникает в ограждающие конструкции при косом дожде, неисправности крыши и др.

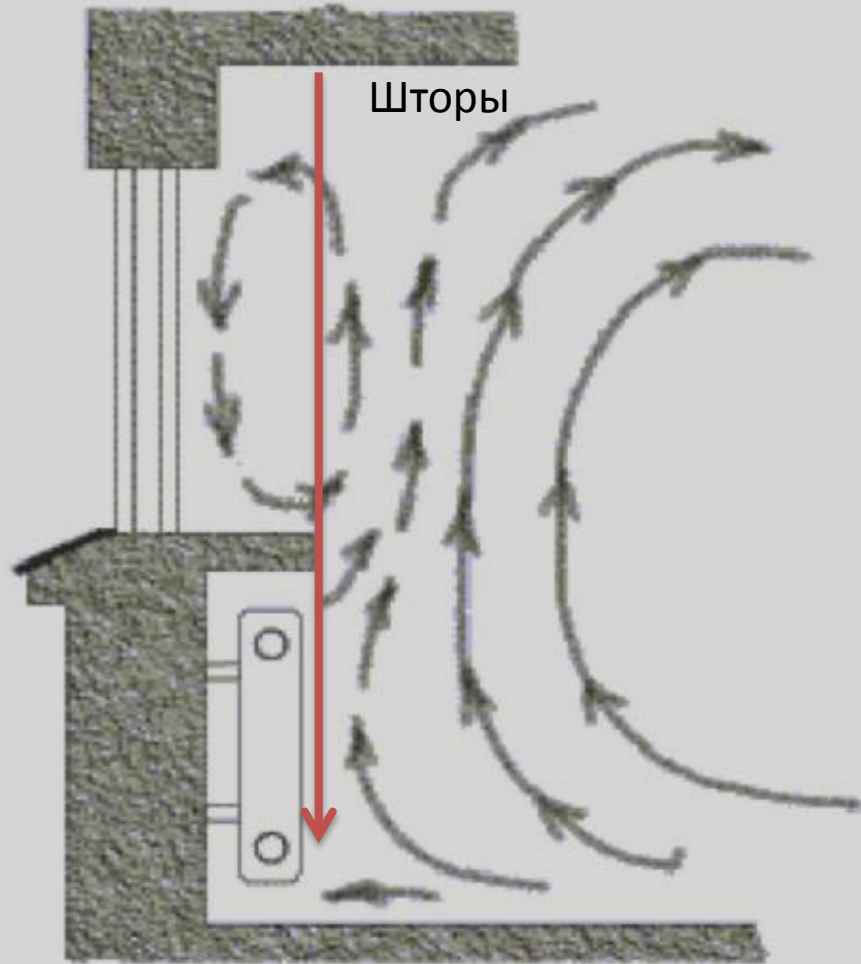
- **Гигроскопическая влага**, влага, находящаяся в материалах и конструкциях ограждения вследствие их гигроскопичности. Гигроскопичность – свойство материала поглощать (сорбировать) влагу **из воздуха**.

**Конденсация** влаги из воздуха. Влага из воздуха может конденсироваться на внутренней поверхности ограждения, в его толще и на окнах.

**Эксплуатационная влага**, которая связана с эксплуатацией зданий.

## **Причины выпадения конденсата на окнах:**

- **Поддержание отопительного режима в квартире ниже 20-22° С;**
- **Установка «холодного» стеклопакета» с низким сопротивлением теплопередаче;**
- **Недостаточный воздухообмен в связи с герметичными окнами, и, как следствие, плохой вытяжной вентиляции. На такую причину укажет отсутствие прилипания листа бумаги к вентиляционной решетке при приоткрытом окне в одной из комнат;**
- **Повышенная влажность строительных конструкций после строительных или ремонтных работ.**
- **Ошибки при монтаже окон;**
- **Установка окна в холодную зону стены или даже в зону отрицательных температур.**
- **Недостаточная конвекция воздуха по внутреннему стеклу окна из-за широких подоконников, особенно без врезанной вентиляционной решетки или плотных штор, особенно вплотную к подоконнику, или неправильная установка отопительных приборов. (см. схему) На эту причину укажет уменьшение конденсата после включения на подоконнике вентилятора или, например, зажжения свечи, которые создадут интенсивное движение воздуха и повысят температуру в приоконном пространстве;**



В практике оценки степени насыщения воздуха влагой используется **относительная влажность** воздуха  $\varphi$ , выраженная в процентах отношением действительной упругости водяного пара  $e$  к максимальной упругости его  $E$  при конкретной температуре помещения.

- При некоторой температуре, когда  $E$  (максимальная упругость) станет равной  $e$  (действительная упругость водяного пара), относительная влажность воздуха будет  $\varphi = 100\%$ , т. е. воздух достигнет полного насыщения водяным паром. Эта температура носит название **точки росы (точка А)** для данной влажности воздуха и обозначается  $\tau_p$ . Таким образом, **точка росы**, есть та температура, при которой воздух данной влажности достигнет полного насыщения водяным паром.



$e, \text{Па}$

$$\varphi = \frac{e}{E_t} 100\%$$

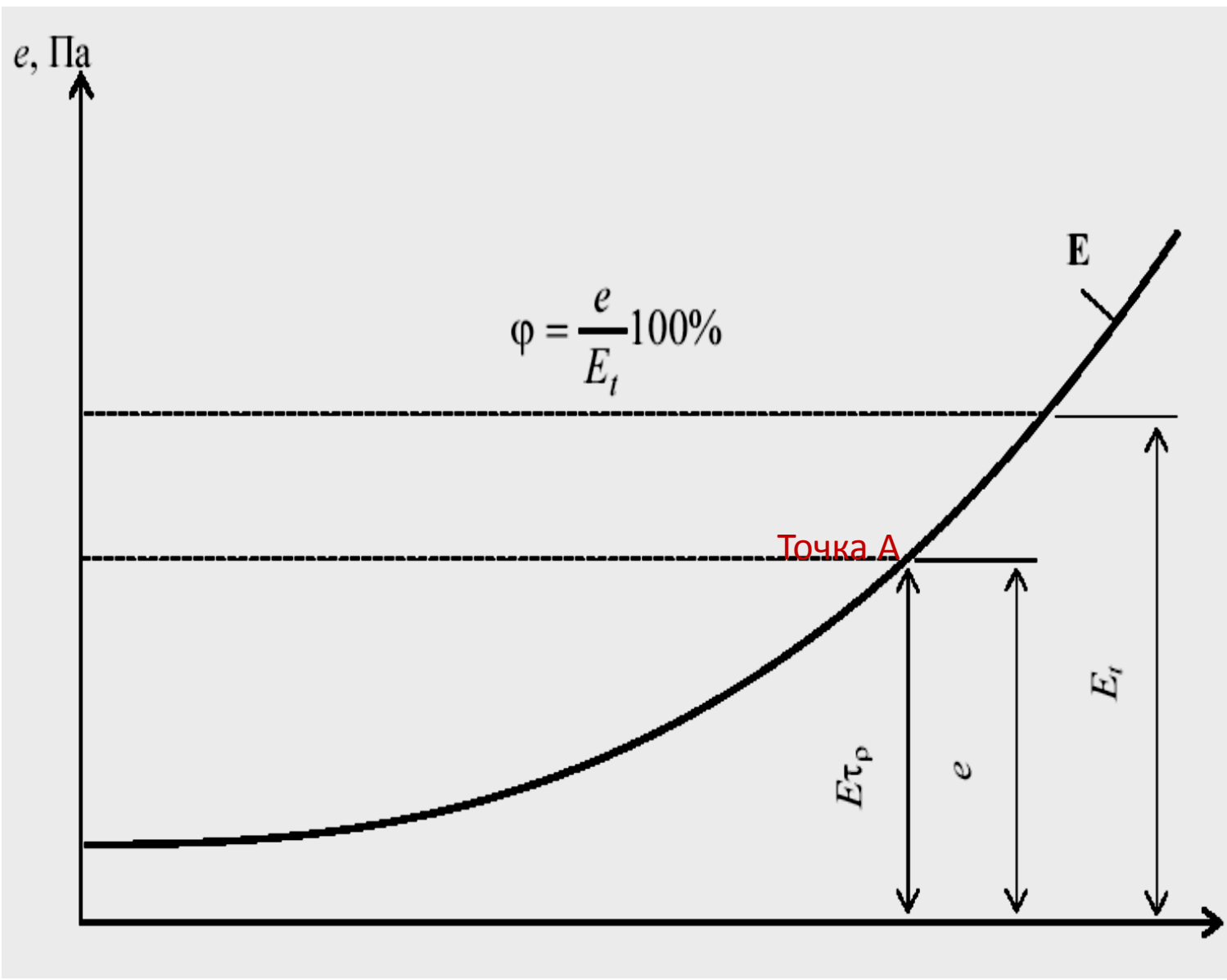
Точка А

$E_{\tau p}$

$e$

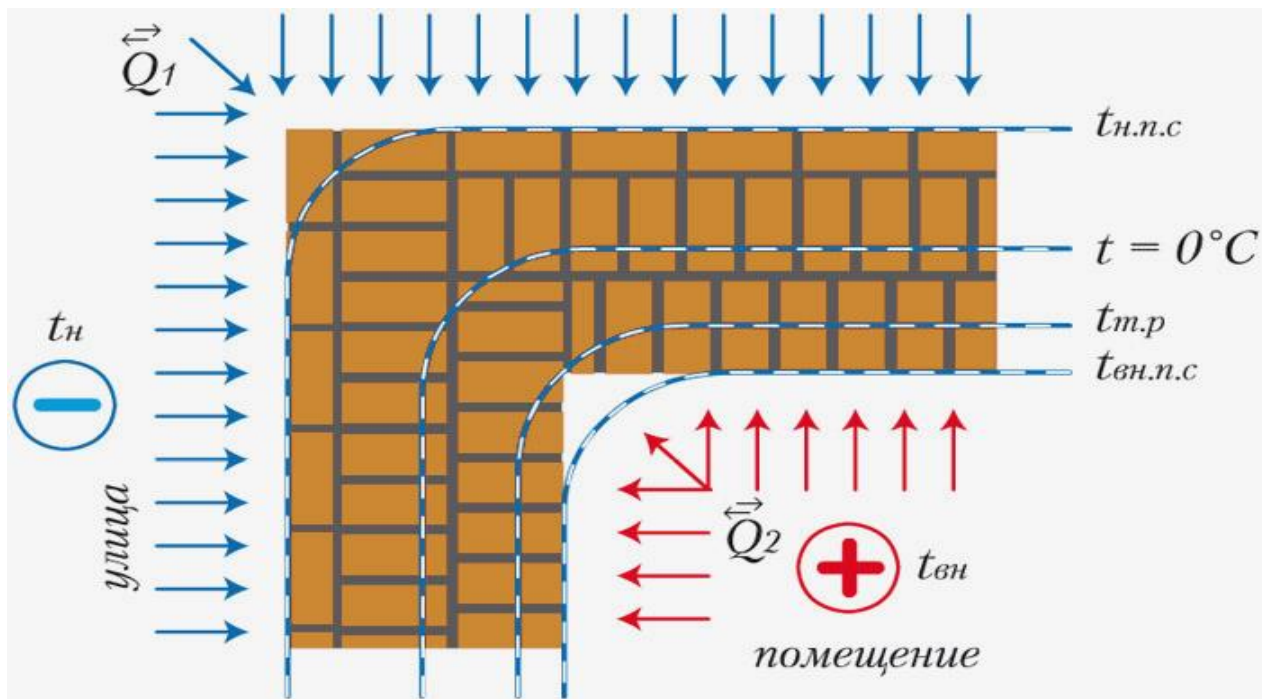
$E_t$

**E**

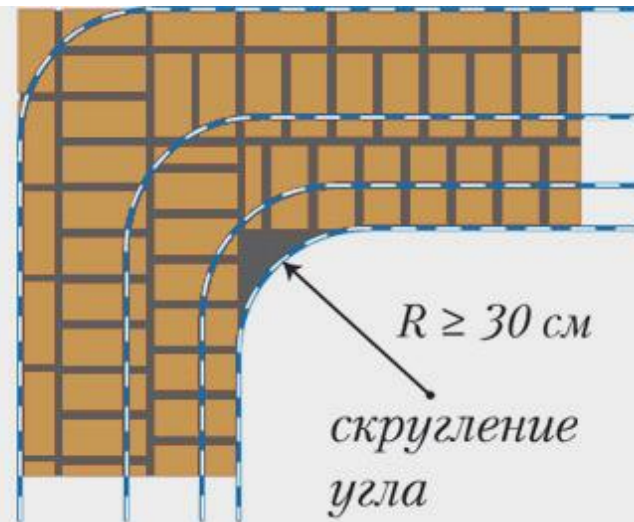
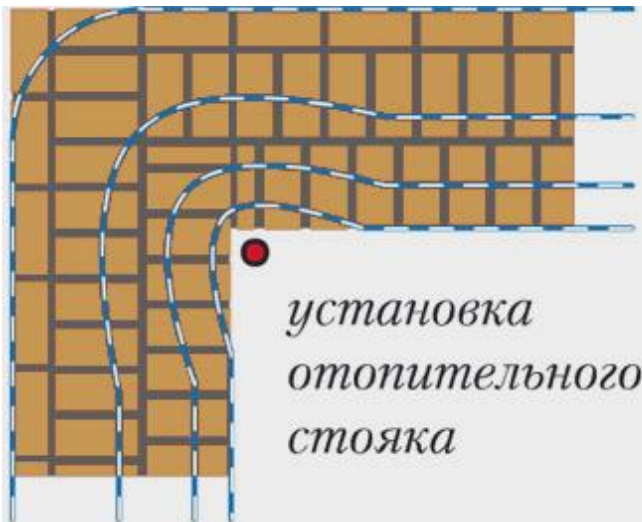


## Как бороться с плесенью и грибком на стенах.



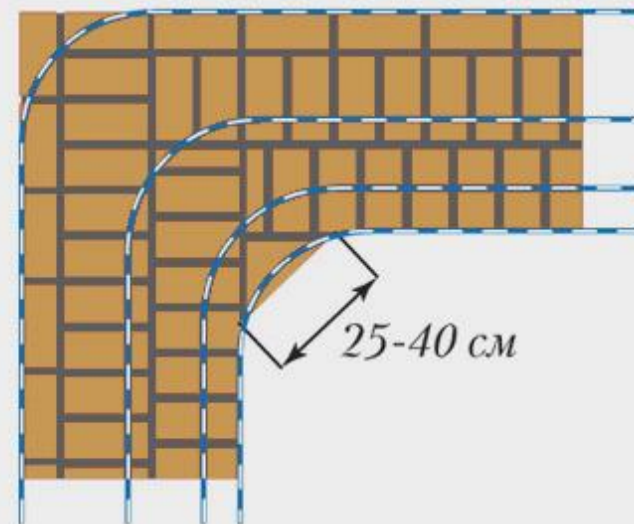
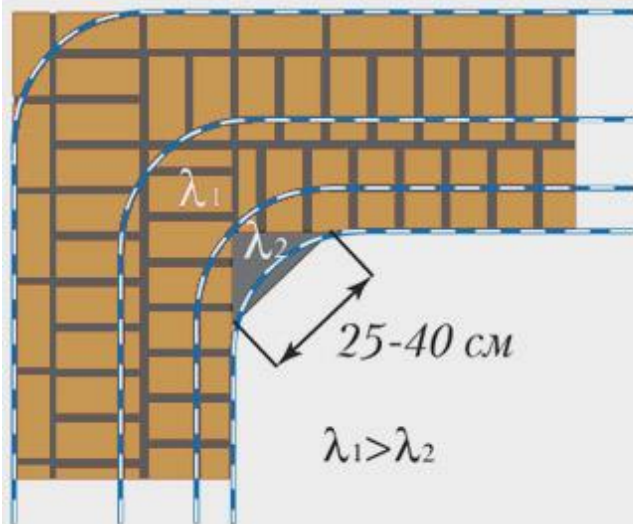


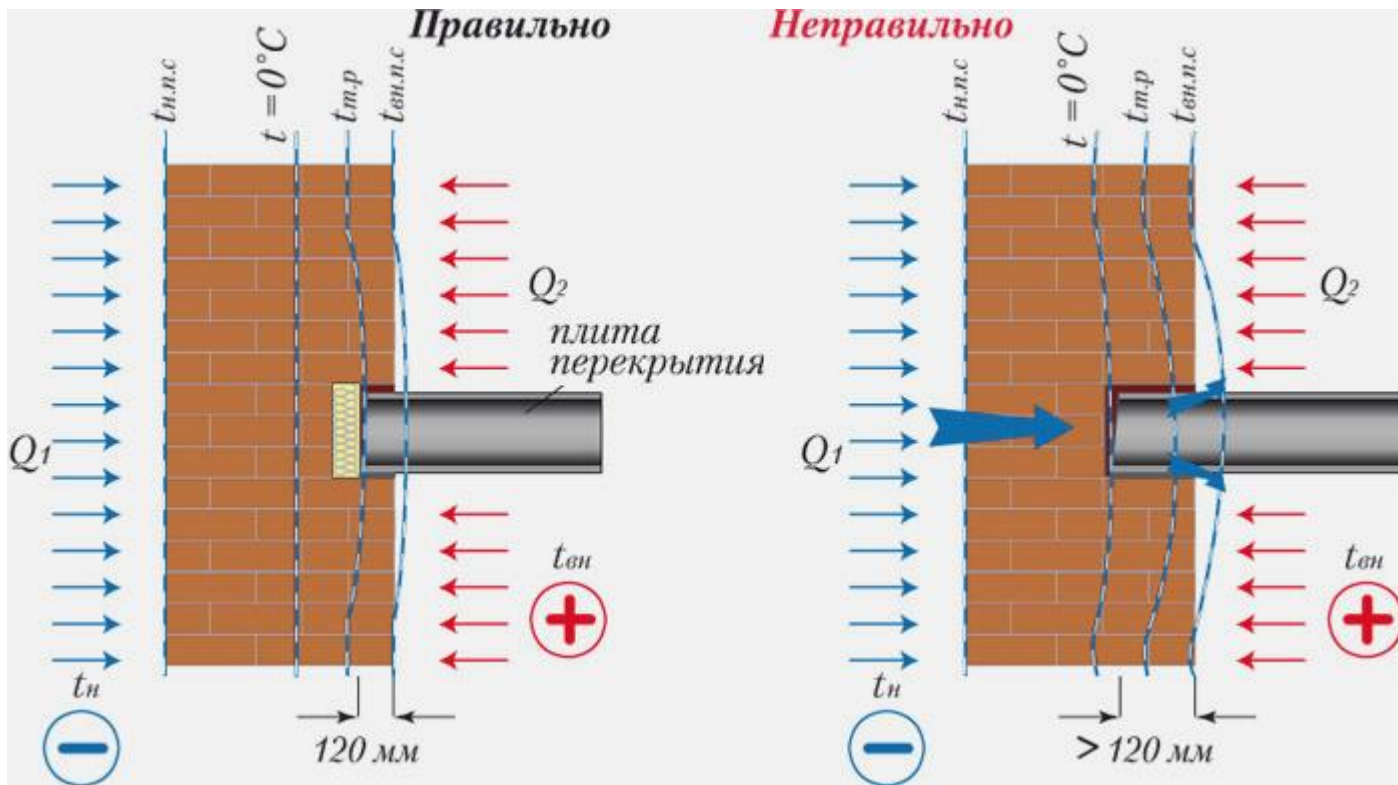
- $Q$  - тепловой поток**
- $t_{вн}$   $t_{нв}$  - температура внутреннего и наружного воздуха**
- $t = 0^\circ\text{C}$  - изотерма нулевой температуры**
- $t_{н.п.с.}$  - изотерма температуры наружной поверхности стены**
- $t_{вн.п.с.}$  - изотерма температуры внутренней поверхности стены**
- $t_{м.р.}$  - изотерма температуры точки росы**



скашивание угла  
штукатуркой

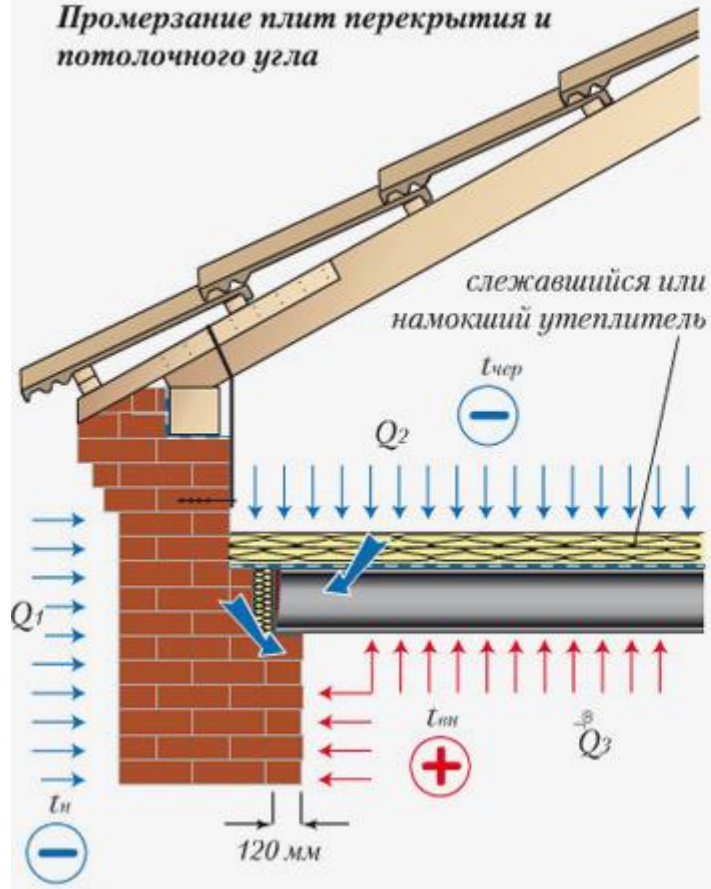
скашивание угла  
материалом стены





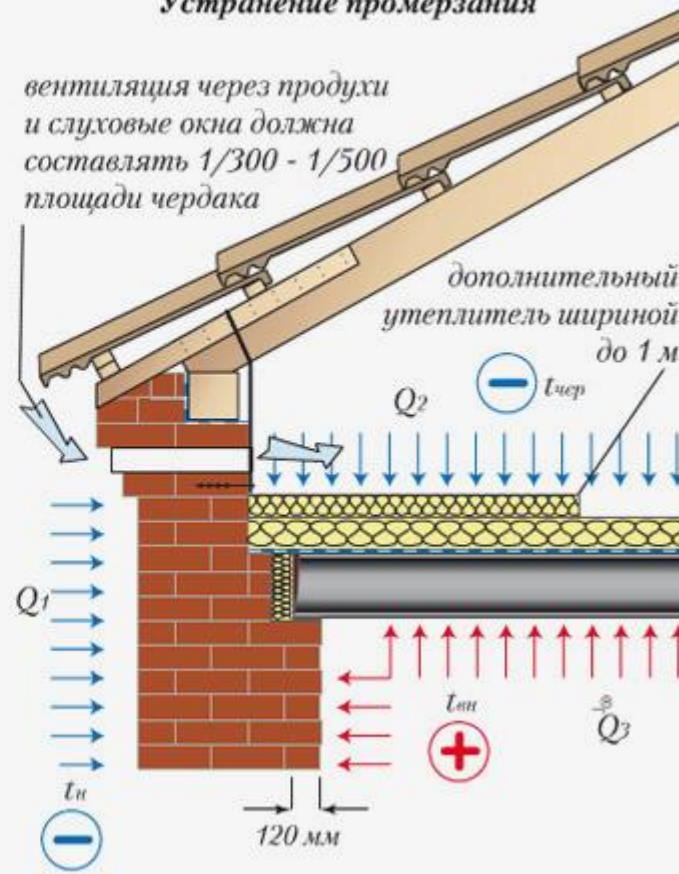


### Промерзание плит перекрытия и потолочного угла

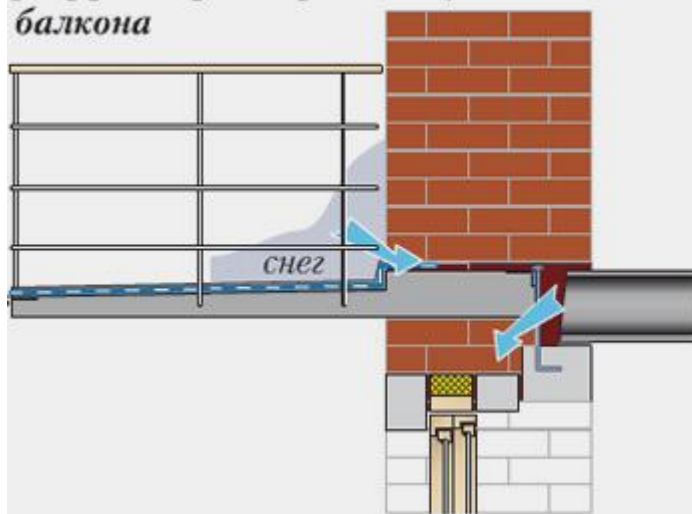


### Устранение промерзания

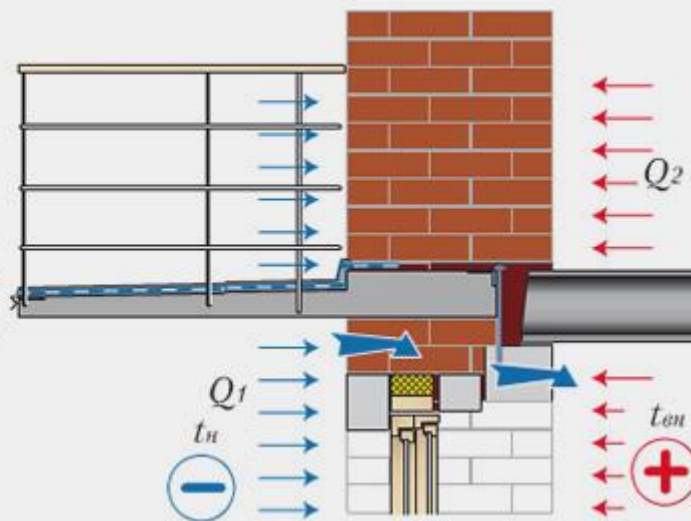
вентиляция через продухи и слуховые окна должна составлять  $1/300 - 1/500$  площади чердака



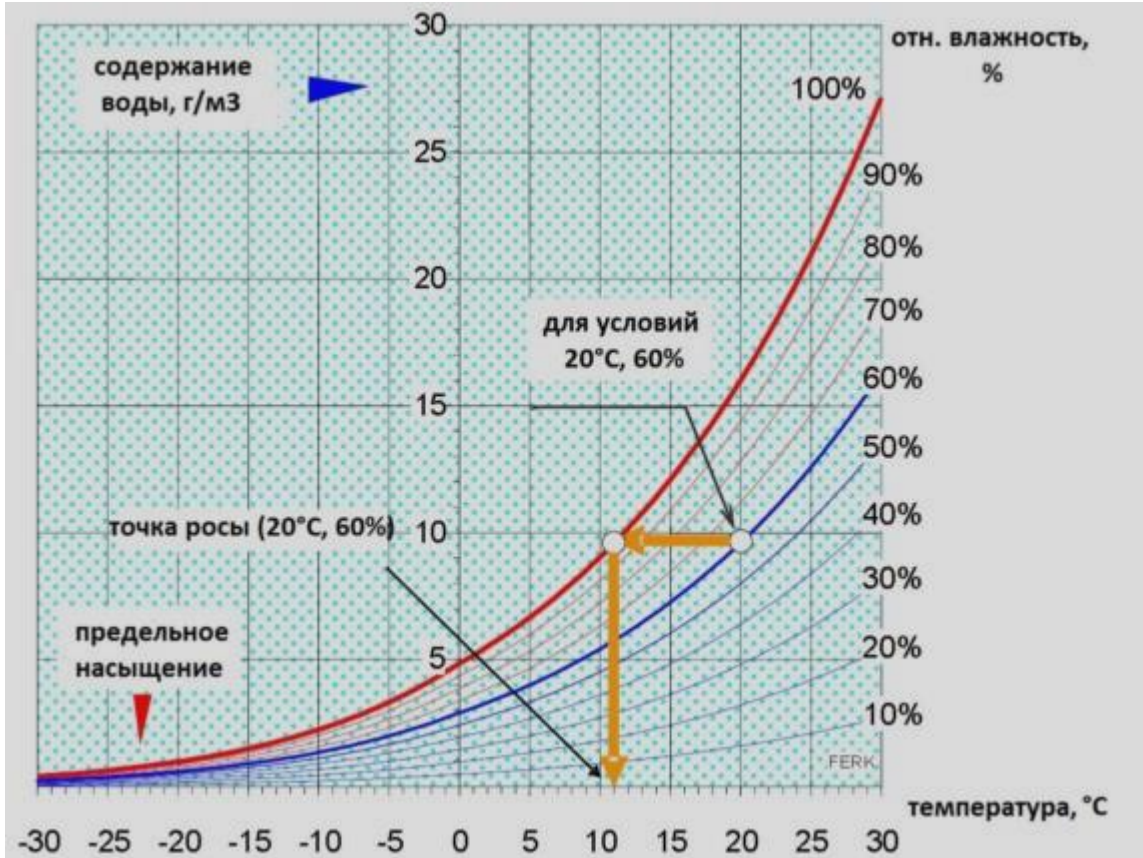
*намокание стены через  
разрушенную гидроизоляцию  
балкона*

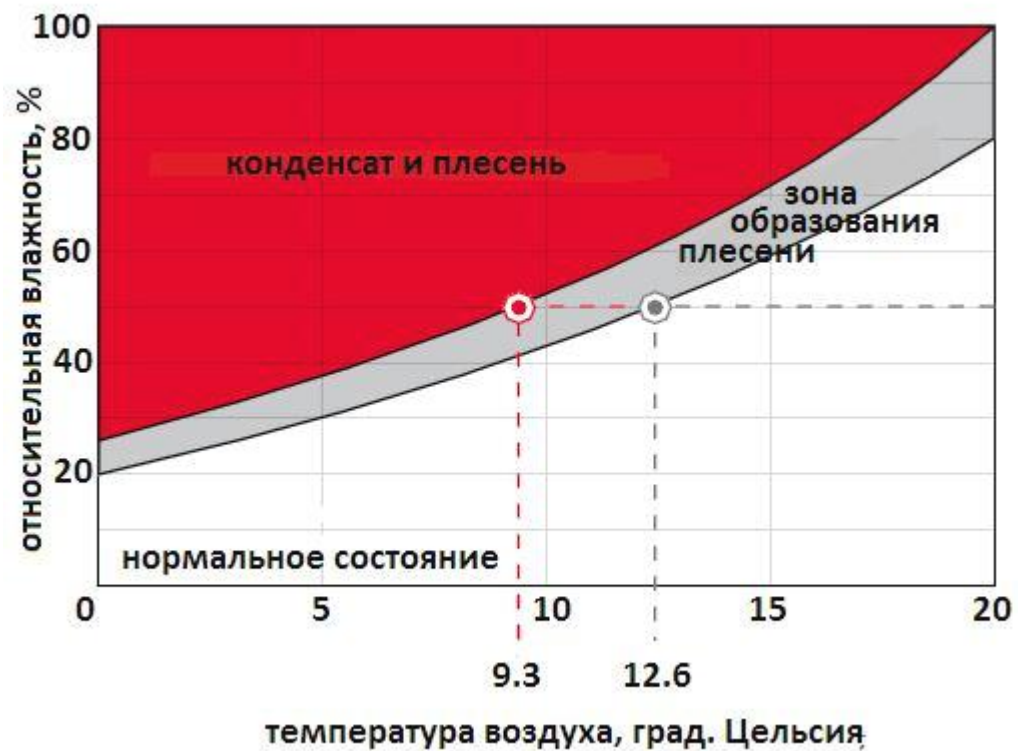


*промерзание намокнутой стены*







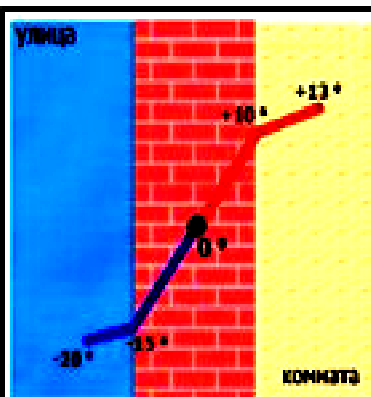


Выкопировка из таблицы М 1 ТКП 45-2.04-43-2006 изм. №4

**Значения точки росы для различных значений температуры и относительной влажности воздуха фв, %, в помещении .**

С°	Точка росы $V_S$ в С° при относительной влажности воздуха $\varphi$ %													
	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
30	10,5	12,9	14,9	16,8	18,4	20	21,4	22,7	23,9	25,1	26,2	27,2	28,2	29,1
29	9,7	12	14	15,9	17,5	19	20,4	21,7	23	24,1	25,2	26,2	27,2	28,1
28	8,8	11,1	13,1	15	16,6	18,1	19,5	20,8	22	23,2	24,2	25,2	26,2	27,1
27	8	10,2	12,2	14,1	15,7	17,2	18,6	19,9	21,1	22,2	23,3	24,3	25,2	26,1
26	7,1	9,4	11,4	13,2	14,8	16,3	17,6	18,9	20,1	21,2	22,3	23,3	24,2	25,1
25	6,2	8,5	10,5	12,2	13,9	15,3	16,7	18	19,1	20,3	21,3	22,3	23,2	24,1
24	5,4	7,6	9,6	11,3	12,9	14,4	15,8	17	18,2	19,3	20,3	21,3	22,3	23,1
23	4,5	6,7	8,7	10,4	12	13,5	14,8	16,1	17,2	18,3	19,4	20,3	21,3	22,2
22	3,6	5,9	7,8	9,5	11,1	12,5	13,9	15,1	16,3	17,4	18,4	19,4	20,3	21,1
21	2,8	5	6,9	8,6	10,2	11,6	12,9	14,2	15,3	16,4	17,4	18,4	19,3	20,2
20	1,9	4,1	6	7,7	9,3	10,7	12	13,2	14,4	15,4	16,4	17,4	18,3	19,2
19	1	3,2	5,1	6,8	8,3	9,8	11,1	12,3	13,4	14,5	15,3	16,4	17,3	18,2
18	0,2	2,3	4,2	5,9	7,4	8,8	10,1	11,3	12,5	13,5	14,5	15,4	16,3	17,2
17	0,6	1,4	3,3	5	6,5	7,9	9,2	10,4	11,5	12,5	13,5	14,5	15,3	16,2
16	-1,4	0,5	2,4	4,1	5,6	7	8,2	9,4	10,5	11,6	12,6	13,5	14,4	15,2
15	-2,2	0,3	1,5	3,2	4,7	6,1	7,3	8,5	9,6	10,6	11,6	12,5	13,4	14,2
14	-2,9	-1	0,6	2,3	3,7	5,1	6,4	7,5	8,6	9,6	10,6	11,5	12,4	13,2
13	-3,7	-1,9	-0,1	1,3	2,8	4,2	5,5	6,6	7,7	8,7	9,6	10,5	11,4	12,2
12	-4,5	-2,8	-1	0,4	1,9	3,2	4,5	5,7	6,7	7,7	8,7	9,6	10,4	11,2
11	-5,2	-3,4	-1,8	-0,4	1	2,3	3,5	4,7	5,8	6,7	7,7	8,6	9,4	10,2
10	-6	-4,2	-2,6	-1,2	0,1	1,4	2,6	3,7	4,8	5,8	6,7	7,6	8,4	9,2

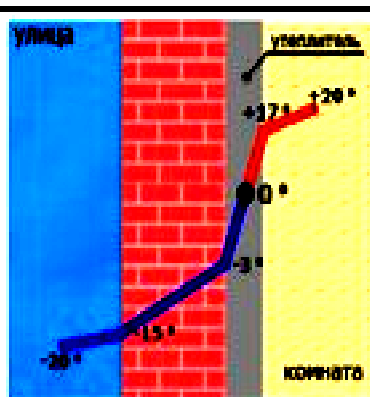
Для промежуточных показателей не указанных в таблице определяется средняя величина



### Утепление стен не выполнено

1. Стены подвержены воздействию перепадов температуры.
2. Точка росы находится внутри стены, что ведет к образованию конденсата и постепенному разрушению конструкции.
3. Потери тепла могут достигать до 80%.

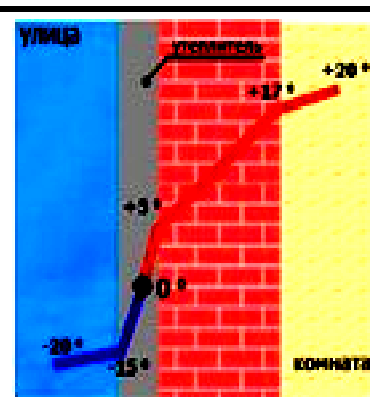
**Значительная потеря тепла происходит через стены здания.**



### Утепление стен выполнено внутри помещения

1. Стены не сохраняют и не накапливают тепло, подвержены промерзанию и воздействию перепадов температур.
2. Между внутренней стеной и теплоизолирующим слоем возникает зона конденсации водяного пара.
3. Точка росы выведена за пределы стены, но при этом из-за разницы температур между теплоизоляцией и стеной образуется влага, что может привести к возникновению грибкового налёта.
4. Стена находится в отрицательных температурах.

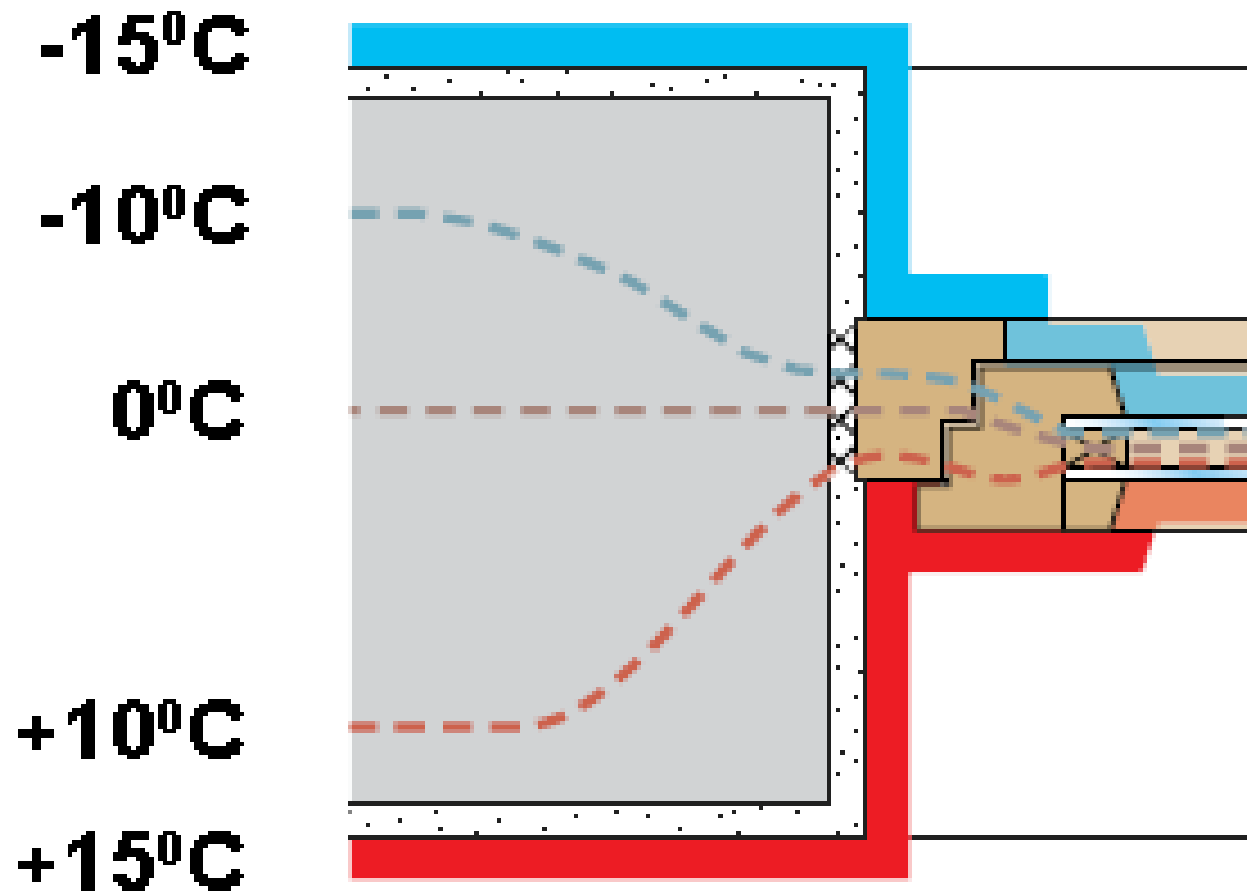
**Теплопотери сокращаются незначительно.**



### Утепление стен выполнено снаружи помещения

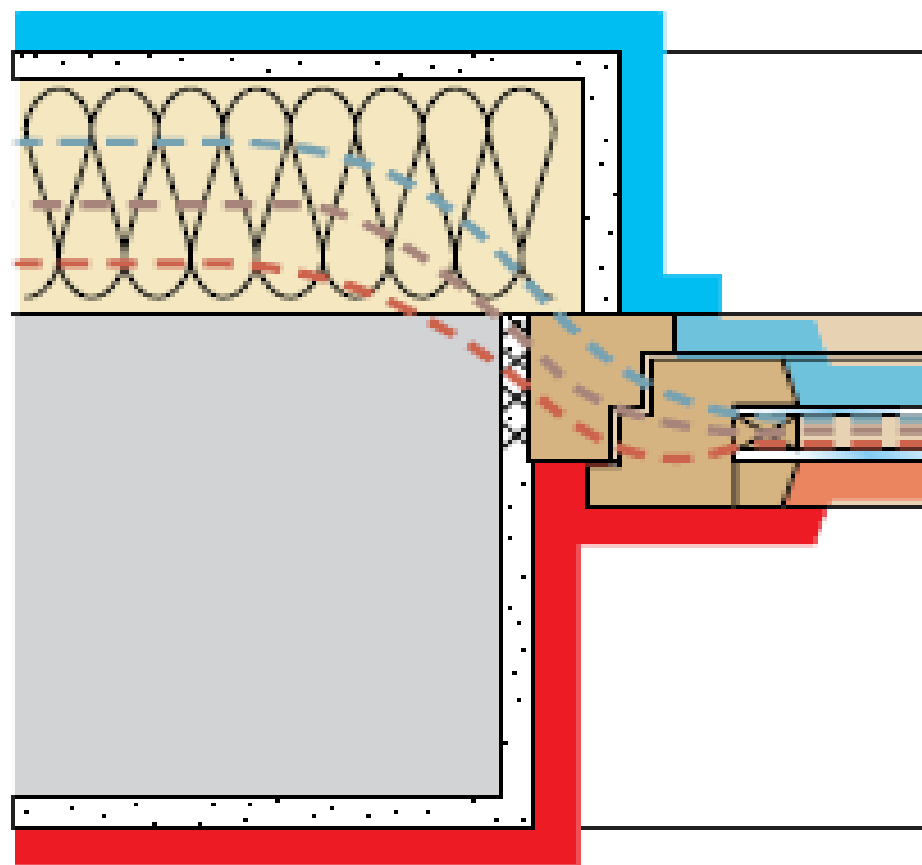
1. Стены не подвержены перепаду температур, сохраняют тепло.
2. Точка росы выведена во внешний теплоизолирующий слой, благодаря чему исключена возможность образования конденсата, стена остаётся сухой

**Значительно сокращены теплопотери.**



**Расположение окна в однослойной стене - на половине ее толщины**

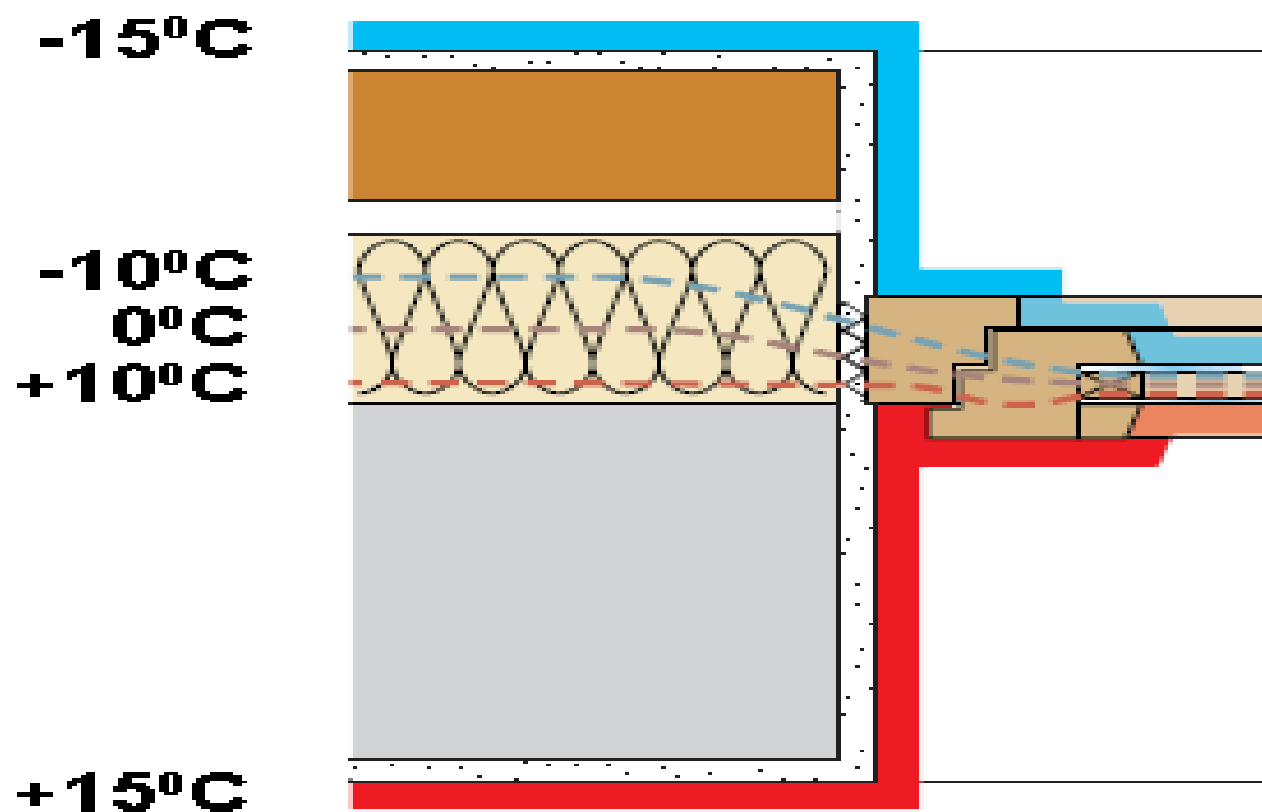
**-15<sup>0</sup>С**  
**-10<sup>0</sup>С**  
**0<sup>0</sup>С**  
**+10<sup>0</sup>С**



**+15<sup>0</sup>С**

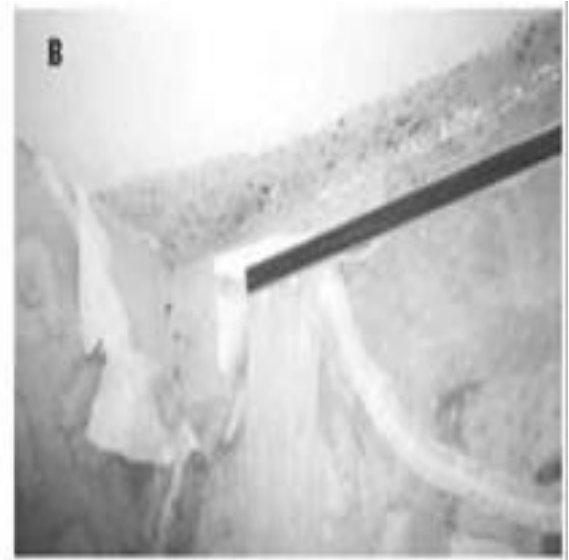
**Расположение окна в ДВУХСЛОЙНОЙ  
стене - непосредственно за утеплителем**





**Расположение окна в ТРЕХСЛОЙНОЙ стене - в плоскости утеплителя**





- . Внешний вид оконных блоков в помещениях с повышенной влажностью воздуха.
- а – выпадение конденсата по всей площади остекления;
- б – отслоение шпаклевки оконных откосов;
- в – выпадение капельного конденсата на поверхности наружных стен и плит перекрытий.

- При оптимальных условиях работы печи (температура отходящих газов при входе 120—140°, при выходе из устья трубы — 100—110°) и прогретой дымовой трубе водяные пары уносятся вместе с дымовыми газами наружу. При температуре на внутренней поверхности дымовой трубы ниже температуры точки росы газов, водяные пары охлаждаются и оседают на стенках в виде мельчайших капель. Если это повторяется часто, кирпичная кладка стен дымовых каналов и трубы пропитывается влагой и разрушается, а на наружных поверхностях трубы и стенках печи появляются черные смолистые отложения. При наличии конденсата резко ослабевает тяга, в помещениях ощущается запах гари.



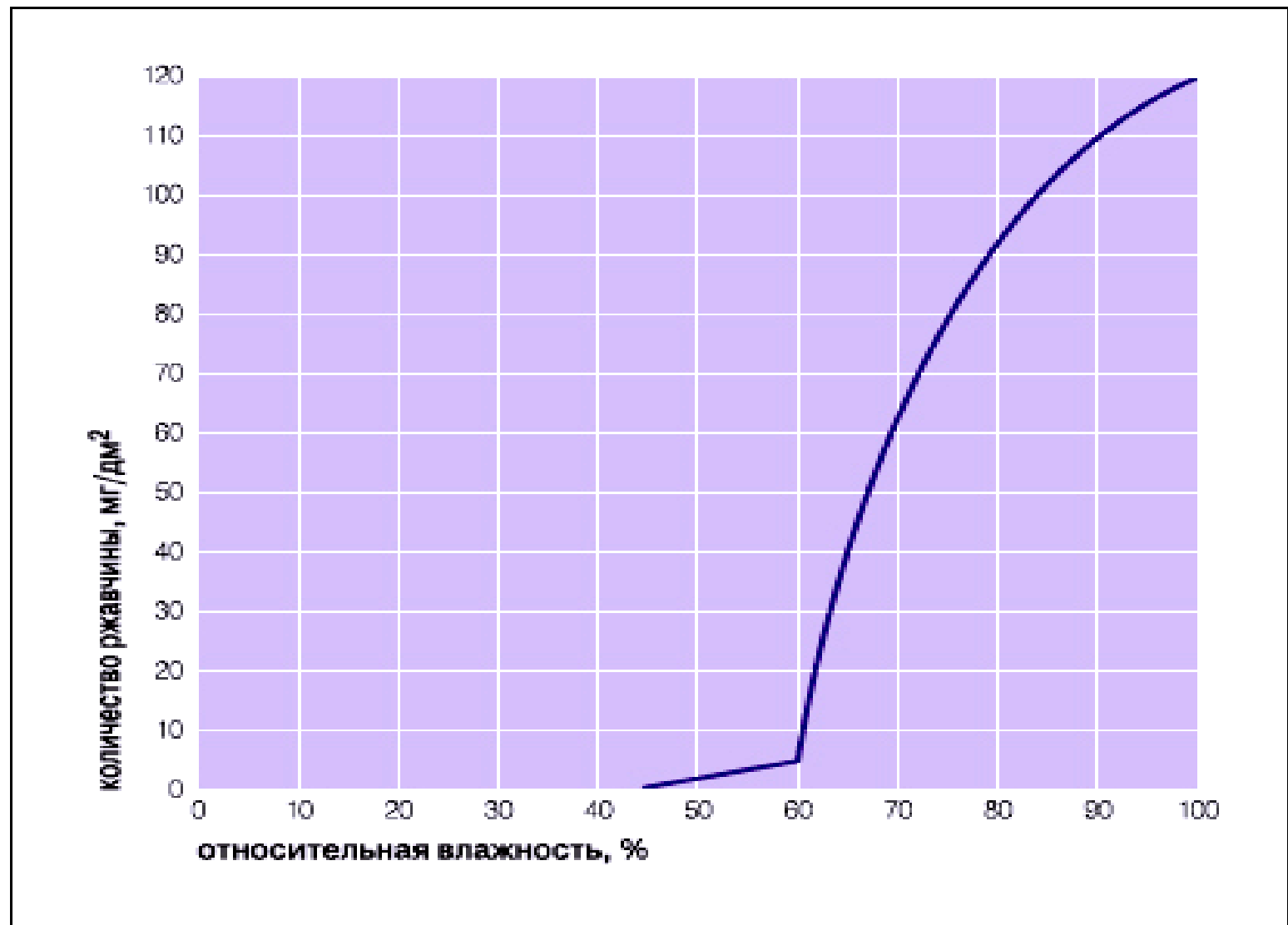
## ***Недостатки, вызывающие повреждение паркета.***

- Сырой черный пол или отсутствие гидроизоляции.
- Отсутствие системы осушения при наличии повышенной влажности в помещении.
- Недостаточный размер расширительного зазора. .
- Неправильная процедура приклеивания или нанесения клея, отсутствие клея или его недостаточное количество.
- При прибивании короткие концы дощечек не приклеивались соответствующим образом.
- Недостаточное удаление излишков клея.
- Черный пол не соответствовал требованиям, предъявляемым к максимальному отклонению от плоскости.

## Вздутие паркета.



- **Металлы**, практически не обладающие гигроскопичностью, на воздухе подвержены коррозии, интенсивность которой зависит также и от влажности воздуха. Низкая влажность гарантирует низкую интенсивность коррозии. У железа коррозия практически отсутствует при относительной влажности до 40–45 %. Незначительная коррозия железа начинается при повышении относительной влажности от 40–45 % до 60–70 % (так называемого «критического» значения влажности). Выше этого значения скорость коррозии железа резко увеличивается (по логарифмической зависимости), и происходит быстрое разрушение металла. Эти явления графически проиллюстрированы на рис. 1. Значения «критической» влажности зависят от природы металла и от наличия примесей в атмосфере, например, при наличии даже малых количеств газообразных реагентов (в первую очередь,  $\text{SO}_2$ , а также  $\text{SO}_3$ ,  $\text{NO}_x$  и др.) «критическая» влажность воздуха для железа и многих других металлов существенно снижается.



**Рис. 1. Влияние относительной влажности чистого воздуха на скорость коррозии железа (кривая Аррениуса)**

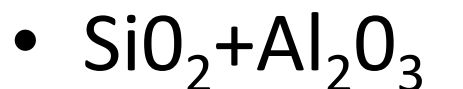


# Теплоизоляционные материалы

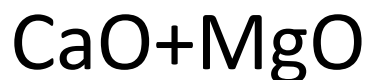
# Теплоизоляционные материалы из неорганического сырья



Модуль кислотности **минваты**, то есть соотношение:



-----



- должен быть более 1,2. В этом случае [минеральная вата](#) приобретает необходимую термостойкость, водостойкость и устойчивость к грибкам

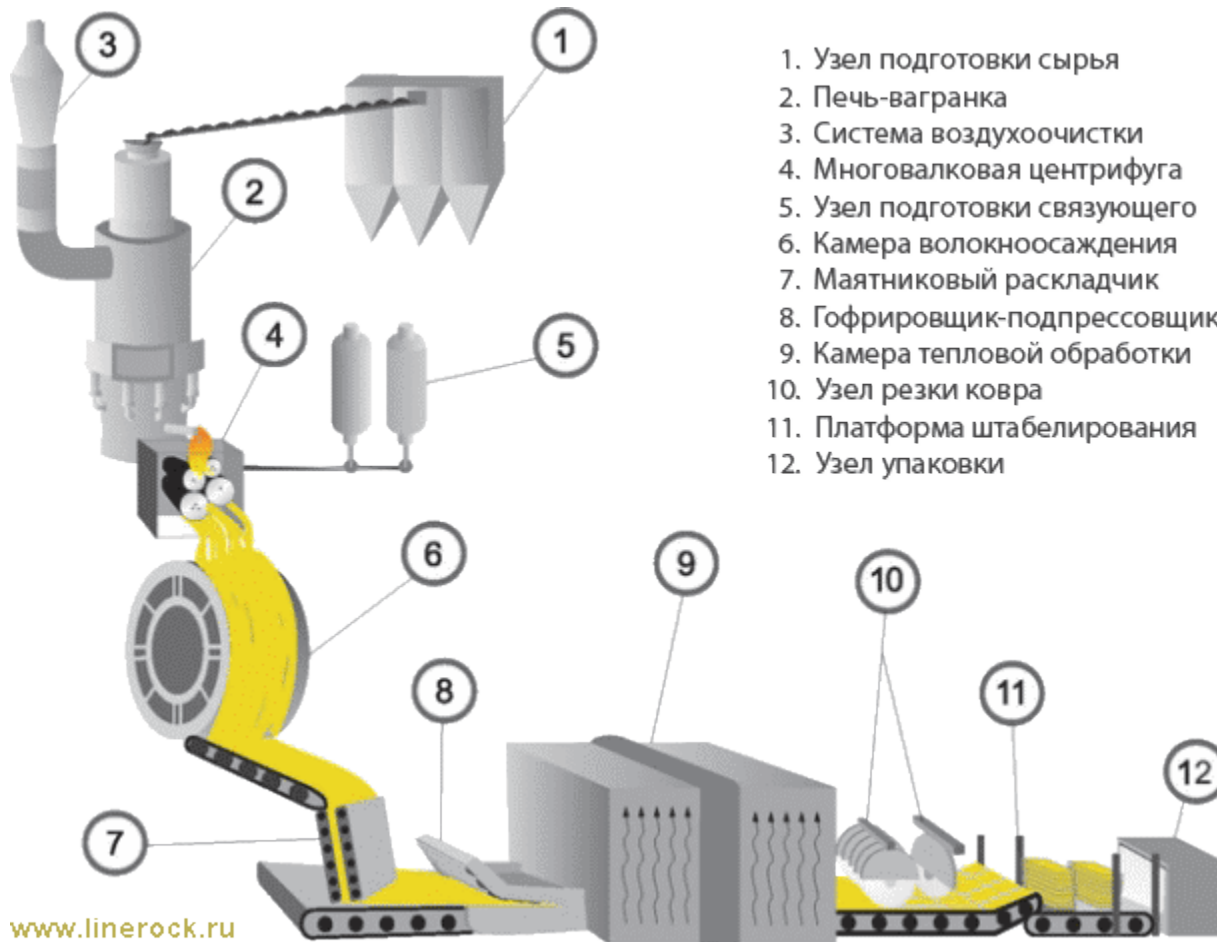
# Преимущества минеральной ваты:

- Хорошие теплоизолирующие свойства.
- Практически не впитывает влагу (при попадании влаги тут же ее отдает, главное – обеспечить вентиляцию).
- Морозостойкая.
- Может служить дополнительной звукоизоляцией.
- Не горит.
- Долговечная.
- Стабильность физических и химических характеристик.
- Не подвержена гниению.
- Высокая паропроницаемость.

# Недостатки:

- Недостаточная прочность (особенно вдоль волокон).
- Требуется пароизоляции.
- Требуется гидроизоляции.
- Фенолформальдегид – токсичное связующее вещество.
- Требуется специальной утилизации.

# Технология производства минеральной ваты.



# Стеклоанная вата

представляет собой волокно, которое по технологии получения и свойствам имеет много общего с минеральной ватой.

Для получения стекляннoго волокна используют то же самое сырье, что и для обычного стекла, или отходы стекольной промышленности. Непрерывное стекловолокно получают методом вытягивания через фильеры. Штапельное волокно получают из расплавленной стекломассы способами вертикального раздува паром или воздухом, центробежным, центробежно-фильерно-дутьевым, раздувом первичных непрерывных стекляннoх волокон потоком раскаленных.



Основное отличие стекловаты от минеральной ваты состоит в длине волокон, т. к. у стекловаты волокна в несколько раз длиннее, чем у минеральной ваты. Этим объясняется повышенная упругость изделий из стеклянного волокна, позволяющая транспортировать спрессованный материал (по сравнению с первоначальным объемом в 4 раза) в виде рулонов или упаковок. В развернутом виде материал быстро восстанавливает свой первоначальный объем и форму непосредственно после вскрытия упаковки. Стекловолокнистые материалы выпускаются как в рулонах, так и в виде жестких плит, выдерживающих значительные нагрузки. Жесткие плиты, облицованные стекловолокном, являются хорошей ветрозащитой. По длинным сторонам плит возможно соединение в шпунт и гребень, что обеспечивает надежное крепление и отсутствие зазоров. Стоимость сырья для стекловаты *выше* чем для минеральной ваты. Экономически выгоднее производить стекловату меньшим объемным весом.

# Технология производства стекловаты

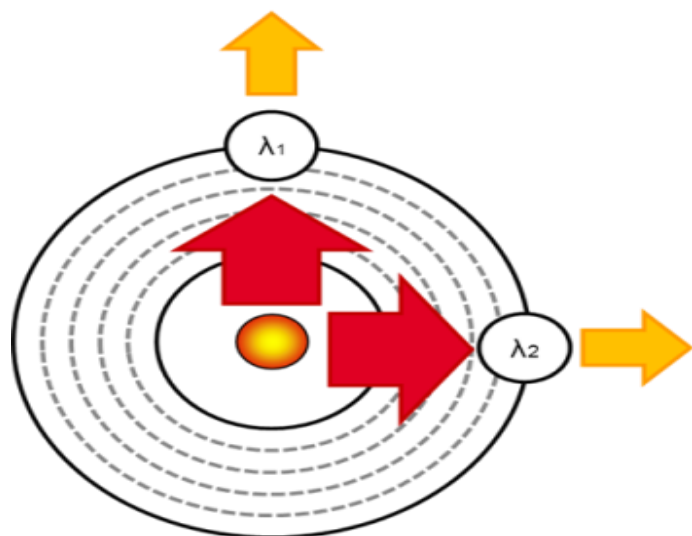


# Техническая изоляция



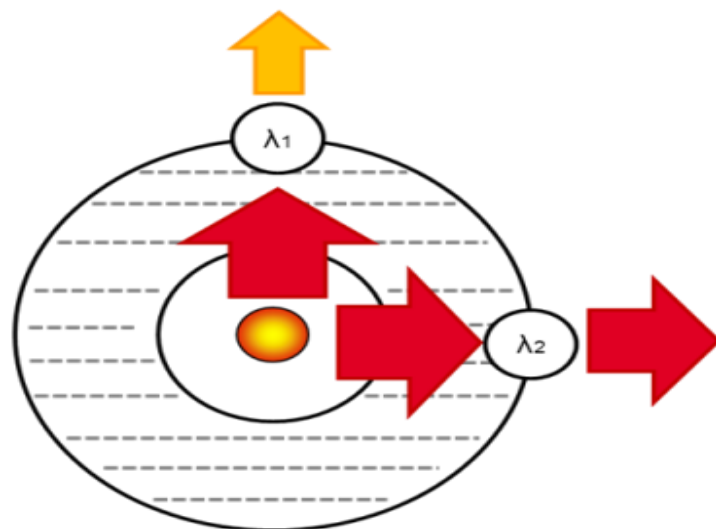


Навивной цилиндр



$$\lambda_1 = \lambda_2$$

Вырезной цилиндр



$$\lambda_1 \neq \lambda_2$$

**Пеностекло (ячеистое стекло)** производится из стеклянного порошка путем его спекания с газообразователями. Воздух занимает 80 – 95 % материала.



## Преимущества пеностекла:

- Прочное. Можно вбивать гвозди.
- Водостойкое.
- Морозостойкое.
- Не горит.
- Не подвержено гниению.
- Долговечное.

## Недостатки:

- Не паропроницаемый утеплитель.
- Дорогое.



**Перлит** – вулканическая порода. При нагревании увеличивается в несколько раз, из-за чего процесс производства напоминает создание попкорна. Используется для теплоизоляции с середины прошлого века.



## Преимущества перлита:

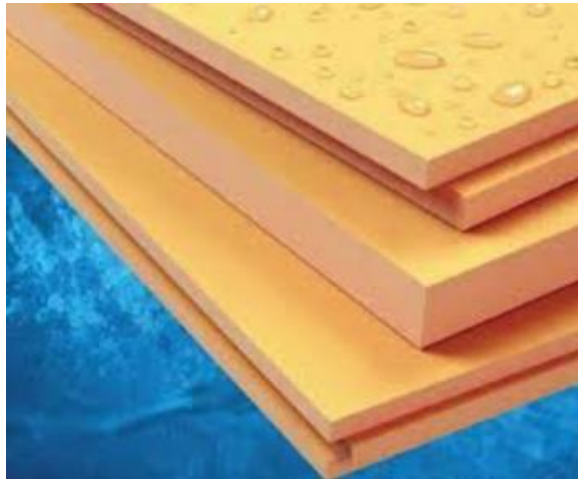
- Экологически чистый материал.
- Не горит.
- Не поглощает влагу.
- Не оседает.
- Устойчив к гниению и влиянию патогенной флоры
- Прост в использовании (можно засыпать или задувать в пустоты).
- Утилизируется компостированием (улучшает качества почвы).

## Недостатки:

Может высыпаться из пустот во время прокладки в стенах труб или кабелей

# Полимерная теплоизоляция.

## Пенопласты



**Область применения пенополистирола в строительстве ограничивается его горючестью. Сегодня в строительстве применяются трудновоспламеняемые и самозатухающие марки пенополистирола. Такие пенополистиролы содержат специальные добавки - антипирены, подавляющие самостоятельное горение, которое, в этом случае, наблюдается только в прямом контакте с открытым пламенем. Если контакт с открытым пламенем прекращен, прекращается и горение пенополистирола.**

**Пенополистирол не может долго противостоять воздействию ультрафиолетовых лучей. В результате длительного (около двух месяцев) солнечного облучения поверхность становится коричневой и постепенно превращается в пыль. Перед отделкой пенополистирол должен быть тщательно очищен от такой пыли.**





Противопожарные рассечки

Материал	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Расход энергии, МДж/кг
Стекланная вата	17,5	19,5
Каменная вата	30,0	11,3
Экструзионный пенополистирол		75,1
Обычный пенополистирол		72,4
Пенополиуретан		98,0

Расход энергии на изготовление эффективных  
теплоизоляционных материалов

Справка. Энергоемкость : бетона-1,3; кирпич -2,5; стекло -15,9

В 2002 г. в Европейском Союзе утверждена директива "Энергетические характеристики зданий" (Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings / Official Journal of the European Communities, 2003). Согласно этому документу, при тепловой модернизации зданий следует обеспечивать нормальный микроклимат помещений и в то же время достигать экономической эффективности.

Одной из гарантий этого служит достаточное и безопасное утепление наружных ограждающих конструкций зданий. Причем оно должно выполняться на основе теплоизоляционных материалов, на производство которых затрачивается **минимальное** количество энергии. Многие зарубежные специалисты полагают, что новые требования по энергосбережению и соблюдению экологического баланса приведут к снижению потребления пенополистирола в строительстве (некоторые данные о расходе энергии на изготовление эффективных утеплителей приведены в табл.)



Пожар во Владивостоке - горит пенополистирол наружного утепления.



# **Теплоизоляционные материалы из органического сырья**

**Бумага** используется для утепления с середины прошлого столетия. Такие материалы представляют собой гранулы, полученные из газет и другой макулатуры. Для задувания этих гранул в пустоты в стенах необходима помощь специалистов.



**Лен** используется в качестве утеплителя довольно редко, в основном теми, кто заботится об окружающей среде и своем здоровье. Причина повсеместного распространения материалов из льна — высокая цена. Хотя со временем прогнозируют ее снижение.

## Преимущества льняных утеплителей:

- Превосходные изоляционные качества.
- Не требуют дополнительной пароизоляции.
- Утилизируются сжиганием или компостированием.
- Абсолютно натуральные.
- Устойчивы к грибкам и микроорганизмам.

## Недостатки:

- Трудно режутся.

Необходима дополнительная противопожарная защита

**Керамзит** - лёгкий пористый строительный материал, получаемый путём обжига легкоплавкой глины.





# Требования к сырью для производства керамзита

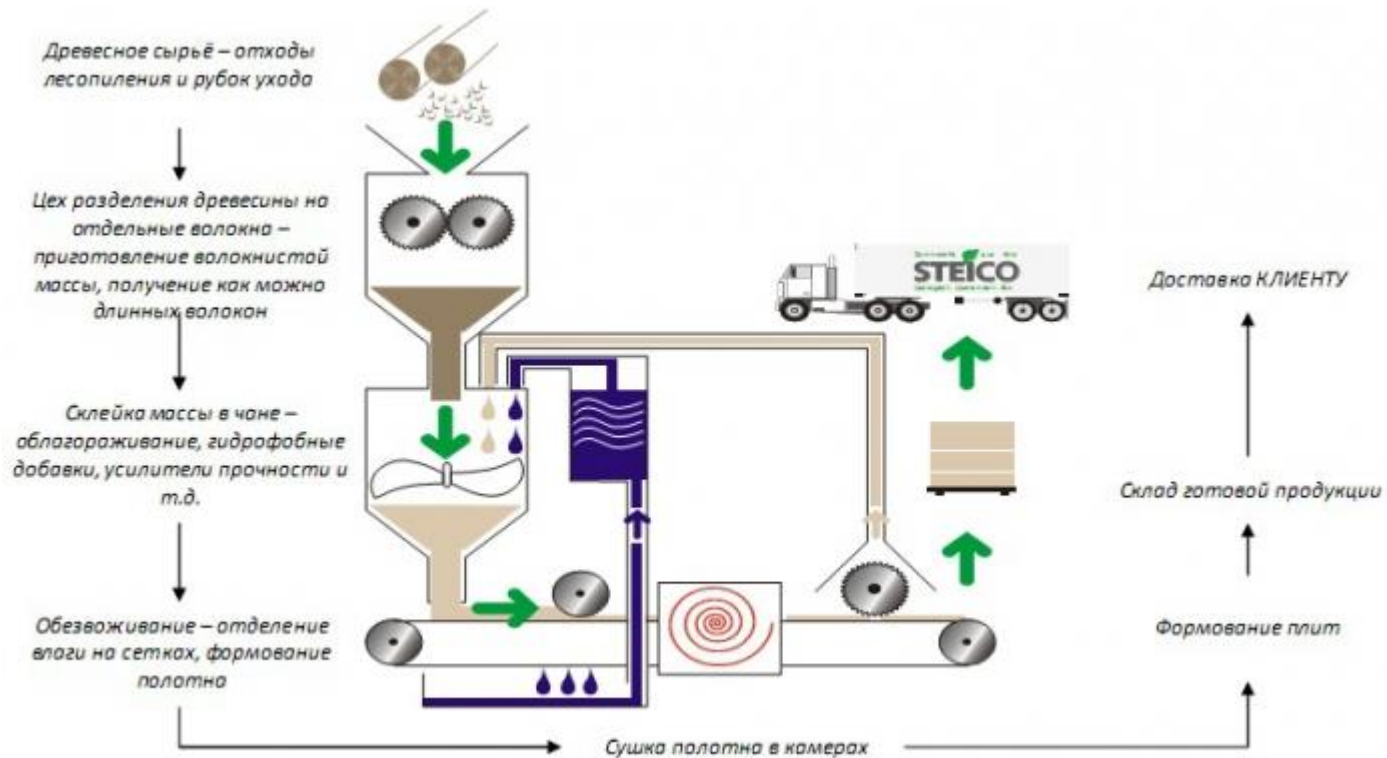
- ✦ Для изготовления керамзита пригодны легкоплавкие глины, суглинки и глинистые сланцы, способные вспучиваться при обжиге.
  - + **Химический состав** таких пород:  $\text{SiO}_2$  – 50-55%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 15-25%;  $\text{CaO}$  – менее 3%;  $\text{MgO}$  – менее 4%;  $(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO})$  – 3,5-10,0%;  $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  – 3,5-5,0%. При этом в них не должно содержаться более 30% песчаных и пылеватых частиц и более 1-2% тонкодисперсных органических примесей.
  
- ✦ Керамзитовое сырье должно иметь
  - + **коэффициент вспучиваемости** (отношение объема вспученной гранулы к объему сырцово́й) не менее 2,
  - + **температуру обжига** не выше 1250 °С,
  - + **интервал вспучивания** не менее 50 °С.

# Теплоизоляция из древесины.

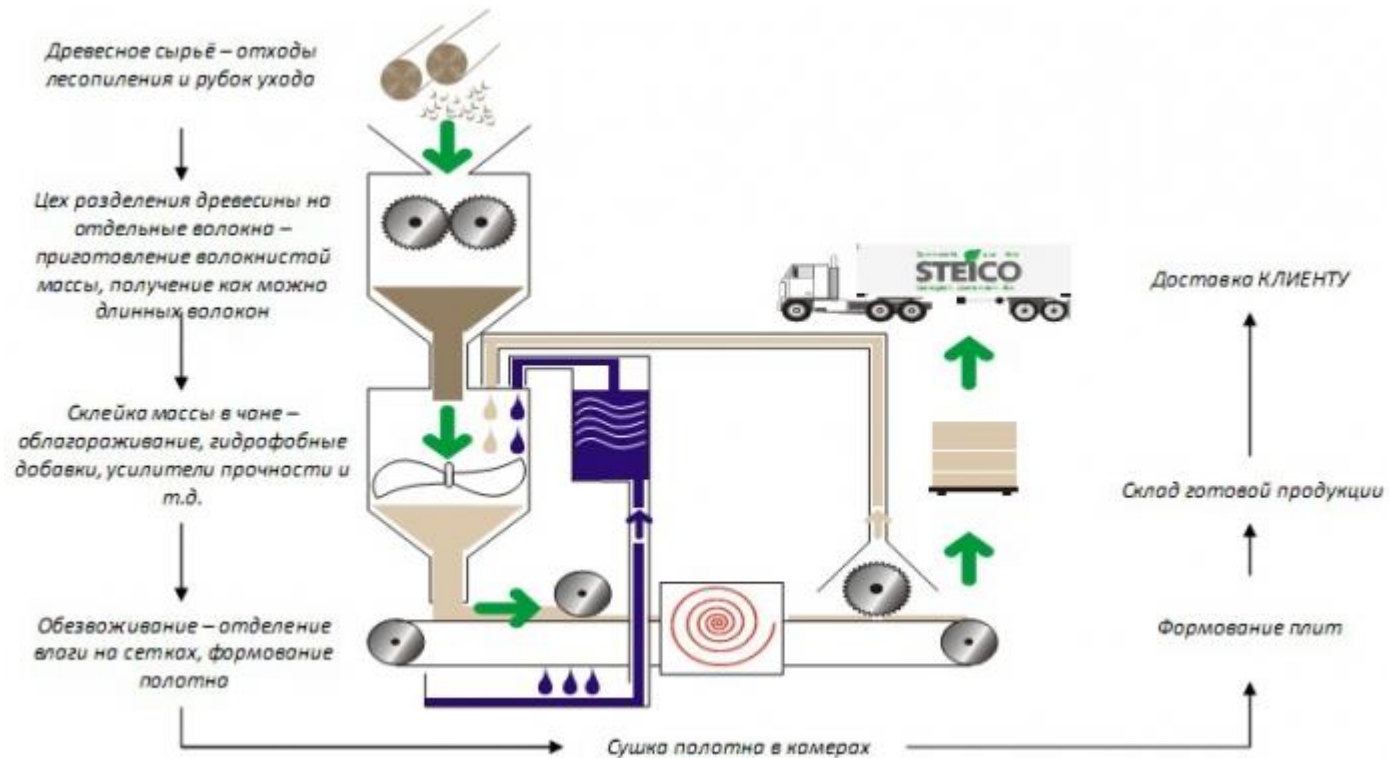




# Мокрый способ



# Сухой способ



**Пробковая теплоизоляция производится из коры пробкового дуба без использования синтетических веществ. Пробка является еще одним абсолютно натуральным утеплителем, как и лен.**



Спасибо за внимание