

Материалы для ограждающих конструкций зданий.

(Ячеистый бетон и керамзитобетон.)

Соответствующие стандарты Евросоюза и Республики Беларусь

Леонид Викторович Соколовский

*технический советник Компании "ATEC GROUP", эксперт проекта
ПРООН/ГЭФ "Повышение энергоэффективности жилых зданий в
Республике Беларусь"*

Ячеистый бетон автоклавного
твердения.

Ячеистый бетон является экологически чистым неорганическим строительным материалом и изготавливается из местного и относительно недорогостоящего сырья: песка, извести цемента. Различными исследованиями определен коэффициент *экологичности* стен зданий из различных материалов:

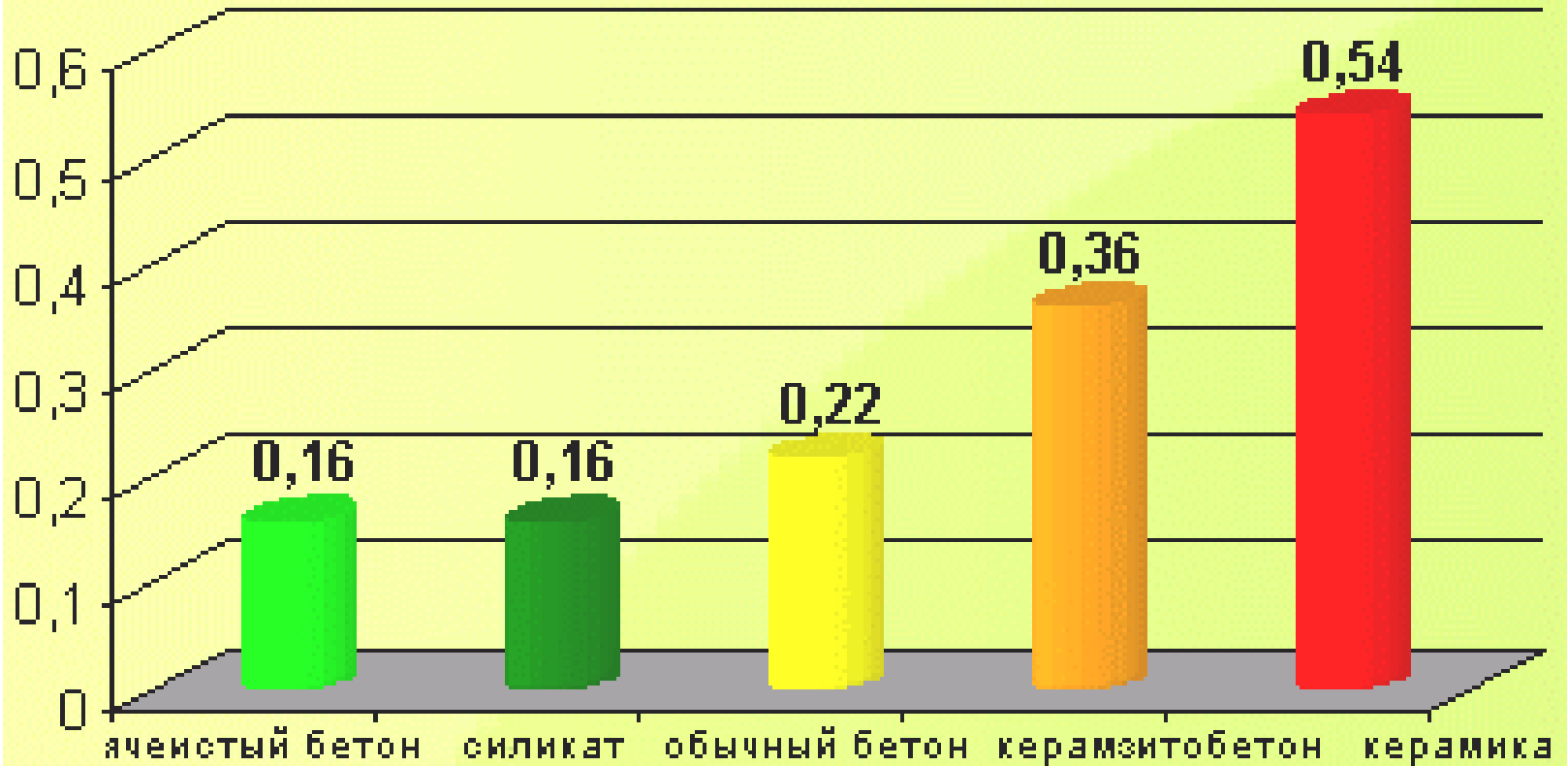
-деревянные строения, рубленые дома -1

- ячеистый бетон автоклавного твердения – 2,3

- керамический кирпич - 10

- керамзитобетон - 20

Параметр радиационного излучения для некоторых материалов



В беккерелях/кг

- **Ячеистый бетон** – искусственный камень с равномерно распределенными порами. Производными от ячеистого бетона являются пенобетон, газобетон. Различие этих материалов определяется технологией производства этих материалов.

Пенобетон – легкий ячеистый бетон, получаемый в результате твердения раствора, состоящего из цемента, песка и воды, а также пены. Пена обеспечивает необходимое содержание воздуха в бетоне и его равномерное распределение во всей массе в виде замкнутых ячеек.

Газобетон – ячеистый бетон автоклавного твердения, состоит из кварцевого песка, цемента, извести, воды и алюминиевой пудры. Эти компоненты смешиваются и поступают в автоклав, где при определенных тепловых условиях происходит их вспенивание (при коррозии алюминиевой пудры с выделением водорода, который и образует поры) и последующее твердение.

Основные составляющие в этих материалах практически одинаковые. Разница состоит только в используемом вспенивателе и в способе твердения. Преимущество газобетона в том, что использование автоклавного управляемого процесса дает возможность получать материал с заранее заданным необходимым набором свойств и стабильных качественных характеристик.

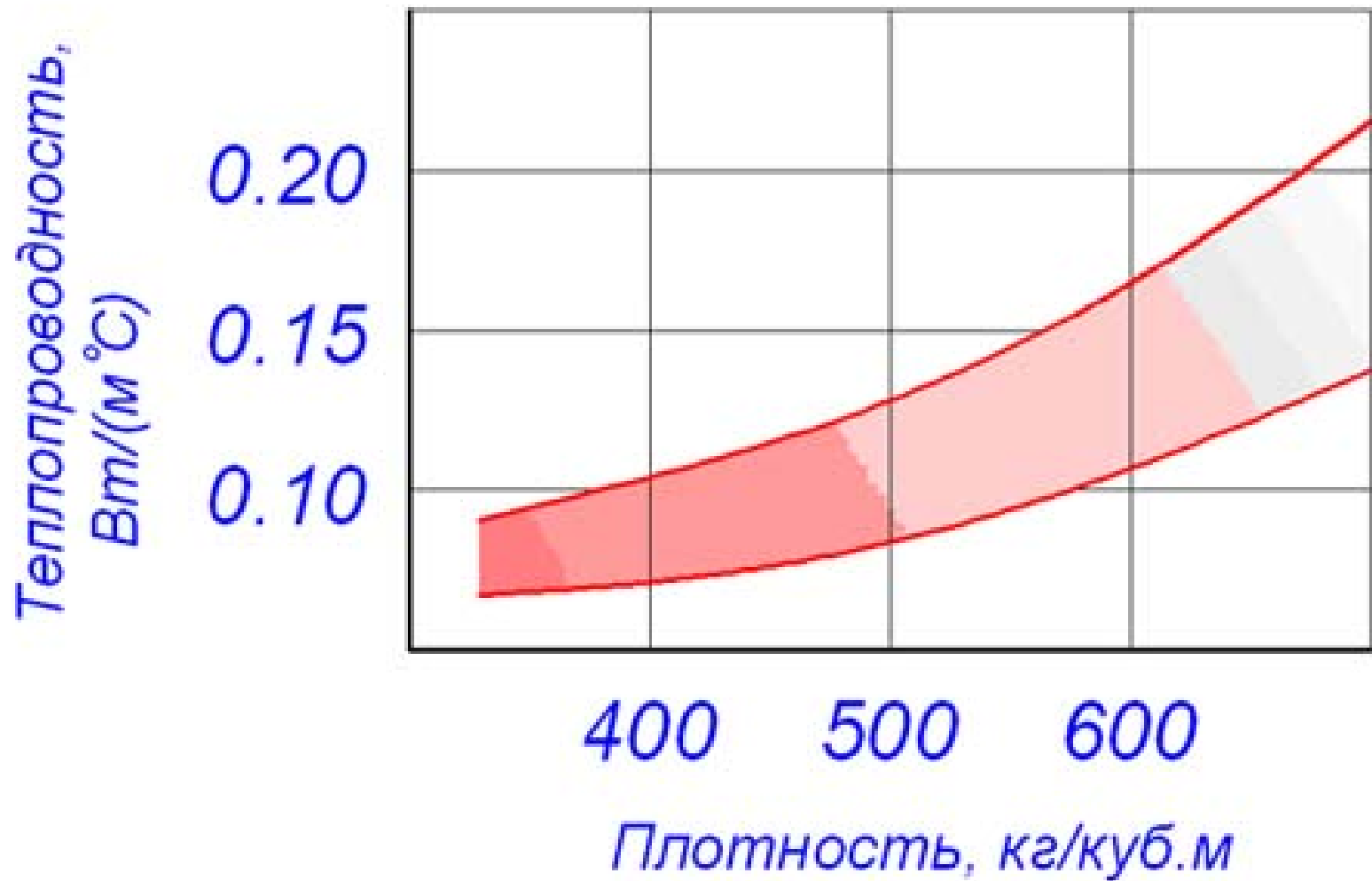
- В Республике Беларусь при строительстве, реконструкции и модернизации жилых и общественных зданий, сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций R_t , за исключением наружных дверей, ворот и ограждающих конструкций помещений с избытками явной теплоты, следует принимать не менее нормативного сопротивления R_t . норм., утвержденного ТКП 45-2.04-43-2006 «Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования»: Элементы здания Нормативное сопротивление теплопередаче, R_t .норм. ($m^2 \text{ } ^\circ C/Wt$)
- Наружные стены зданий 3,2
- Совмещенные покрытия, чердачные перекрытия и перекрытия над проездами - 6,0
- Перекрытия над неотапливаемыми подвалами и техническими подпольями - 2,5
- Заполнение световых проемов - 1,0

- ***Здание с нулевым потреблением энергии (nearly zero energy building)*** — здание, которое имеет очень высокую энергетическую эффективность. Близкое к нулю или очень низкое количество потребления необходимой энергии в значительной степени должно покрываться энергией, получаемой из возобновляемых источников, в том числе энергией, получаемой из возобновляемых источников на месте или вблизи объекта. Общая основа расчета энергетических характеристик здания изложена в приложении №1 директивы 2010/31/ЕС.

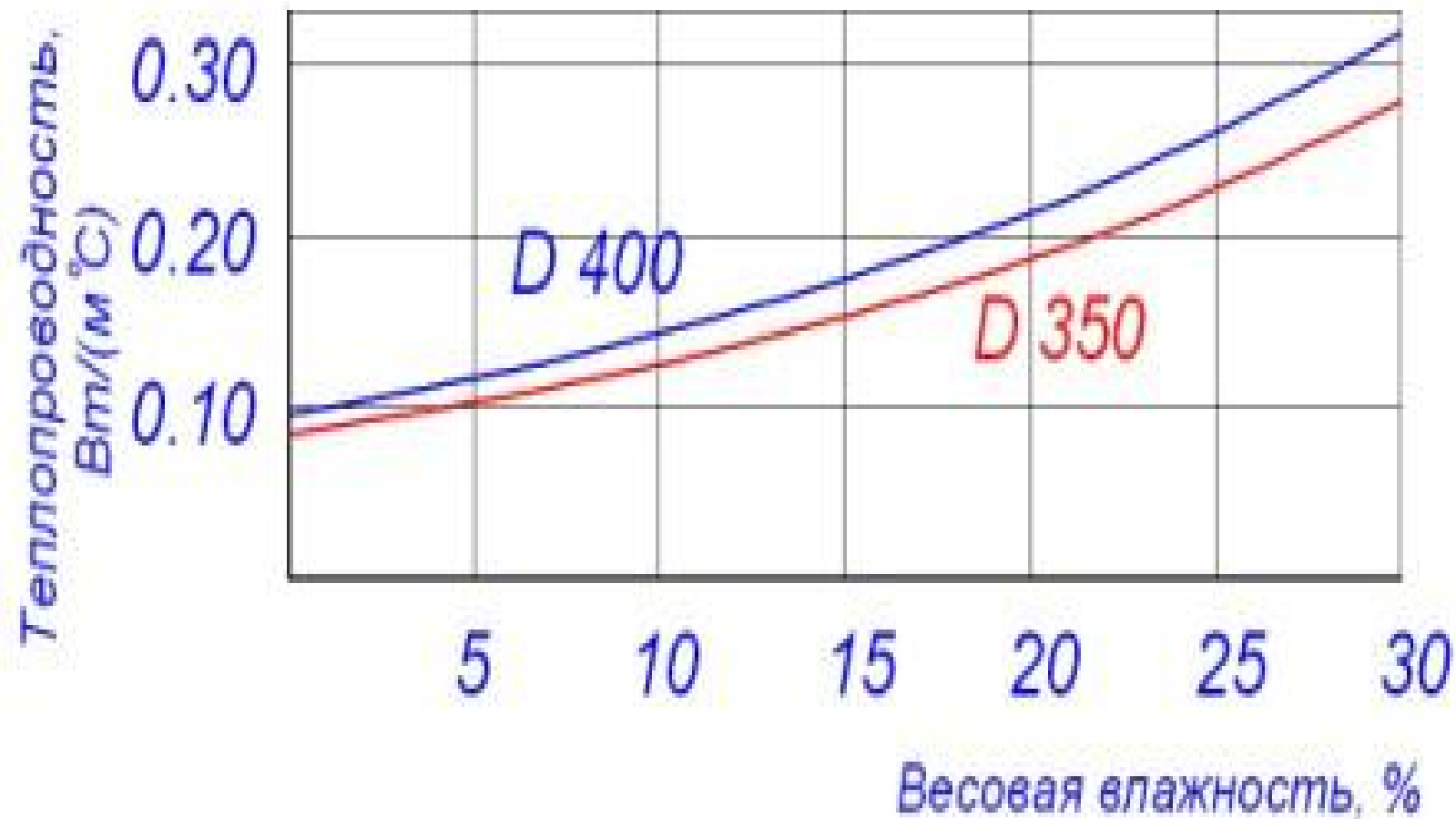
Повышенные требования к элементам оболочки здания с почти нулевым потреблением энергии в ЕС :

- - для наружных стен, кровли, пола первого этажа и конструкций фундамента – $U \leq 0,15 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ ($R_0 \geq 6,7 \text{ м}^2 \text{ 0С/Вт}$). *Теплоизолировать фундамент необходимо и снизу и сверху, теплоизоляционными материалами, имеющими достаточный уровень прочности при сжатии.*
- - для остекления – $U_{\text{ост.}} \leq 0,7 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ ($R_0 \geq 1,4 \text{ м}^2 \text{ 0С/Вт}$).
- - для оконного профиля – $U_{\text{проф.}} \leq 0,8 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ ($R_0 \geq 1,25 \text{ м}^2 \text{ 0С/Вт}$).
- - для наружных входных дверей - $U \leq 0,78 \div 1,4 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ ($R_0 \leq 0,71 \div 1,28 \text{ м}^2 \text{ 0С/Вт}$).
- Приведенный коэффициент теплопередачи окна с учетом монтажа в стену – $U_{\text{окна}} \leq 0,85 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ ($R_0 \geq 1,2 \text{ м}^2 \text{ 0С/Вт}$).

- В конструкциях дома должно быть максимально возможное снижение негативного эффекта от **тепловых мостов**. Это влияние можно не учитывать, если линейный коэффициент теплопередачи $\psi \leq 0,01 \text{ Вт/мК}$.
- Герметичность оболочки - кратность воздухообмена при разности давлений 50 Па должна составлять $n_{50} \leq 0,6 \text{ ч}^{-1}$.
- В отдельных случаях, в зависимости от климатических условий и компоновки зданий, сопротивление теплопередаче для наружных стен может варьироваться от 6,5 до 10 $\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$.
- Высокие требования к сопротивлению теплопередаче для наружных стен и экономичные решения, можно обеспечить в основном только применением ячеисто бетонных изделий.



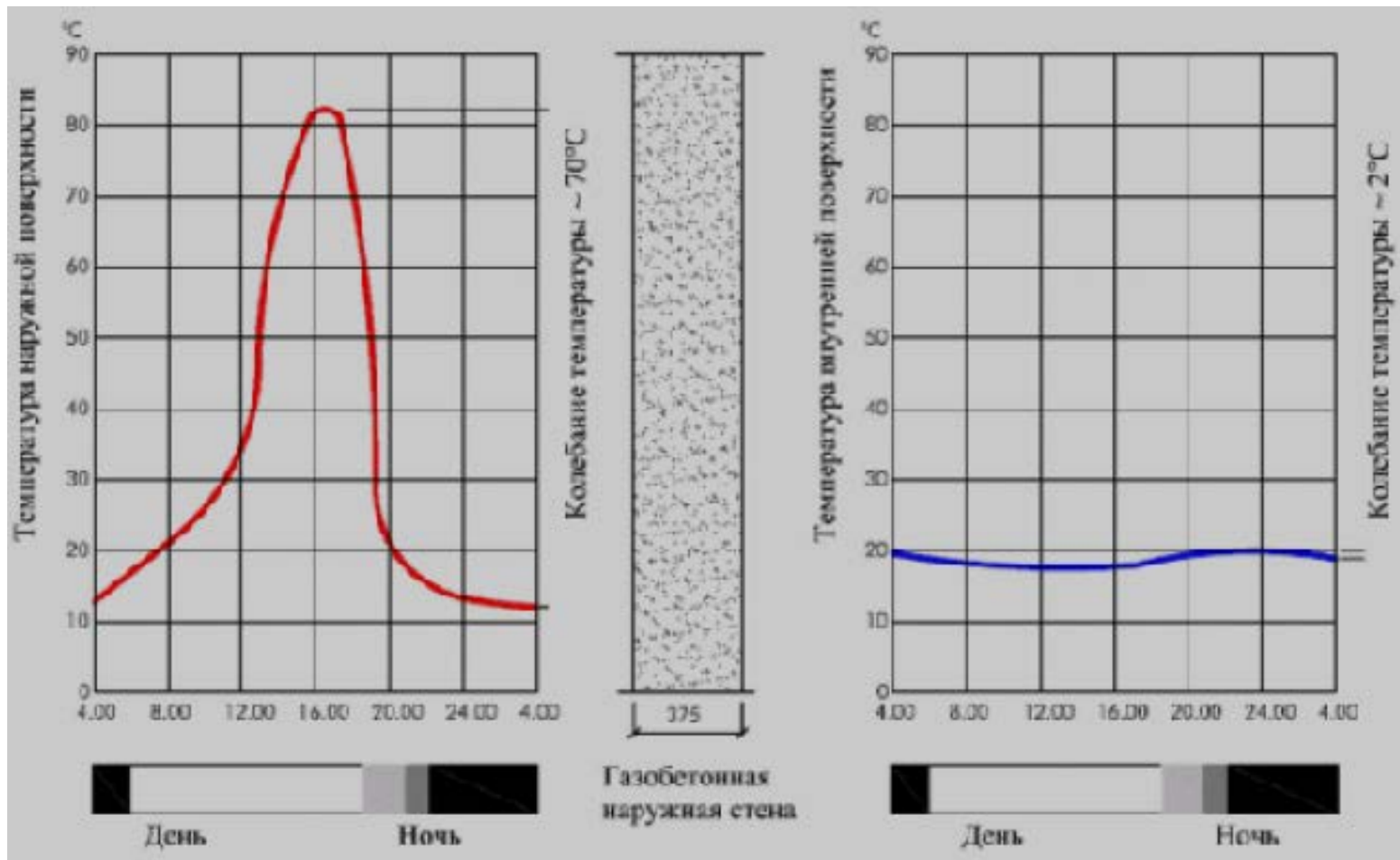
Зависимость теплопроводности ячеистого бетона от плотности

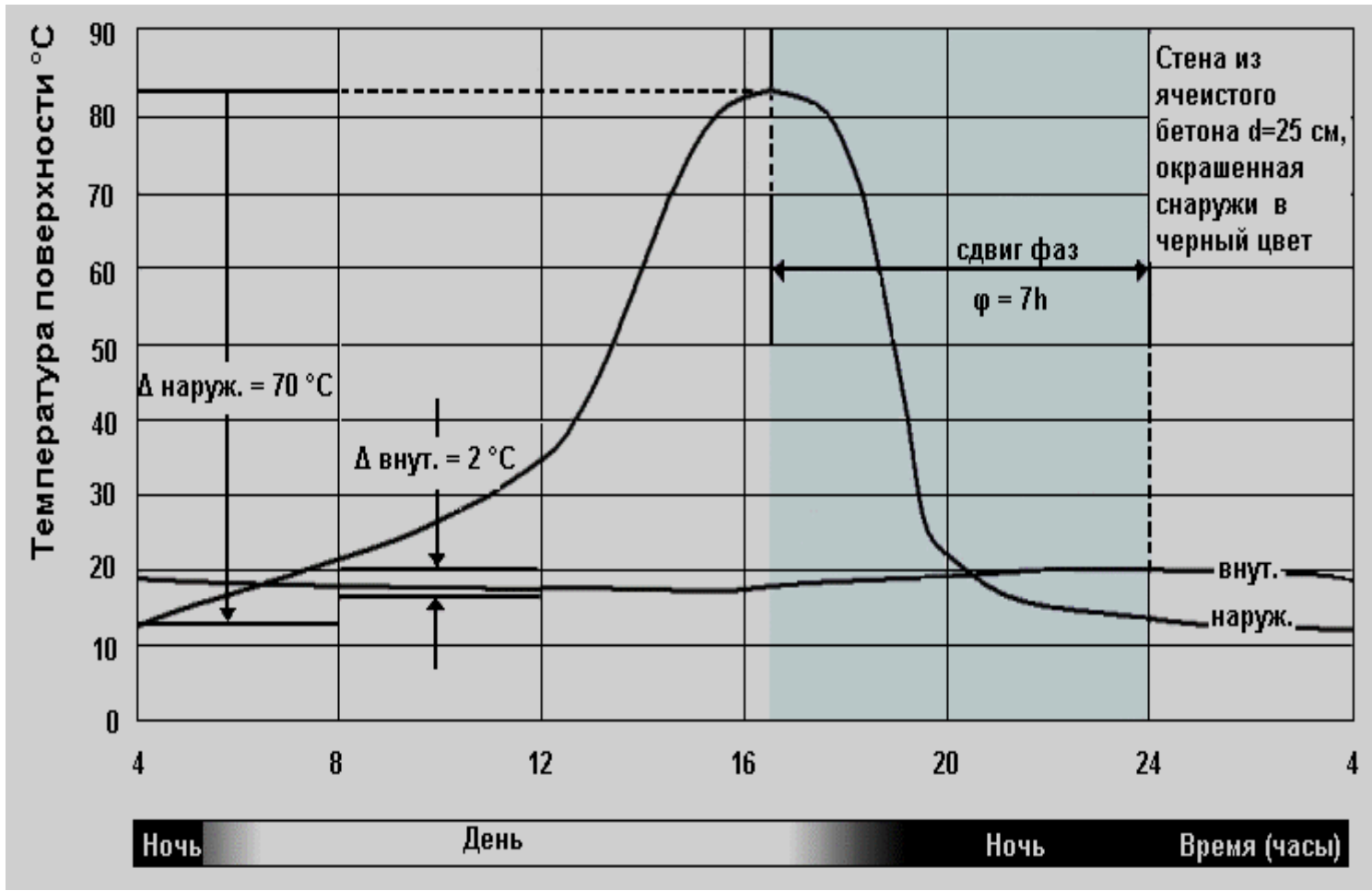


Зависимость теплопроводности ячеистого бетона от влажности

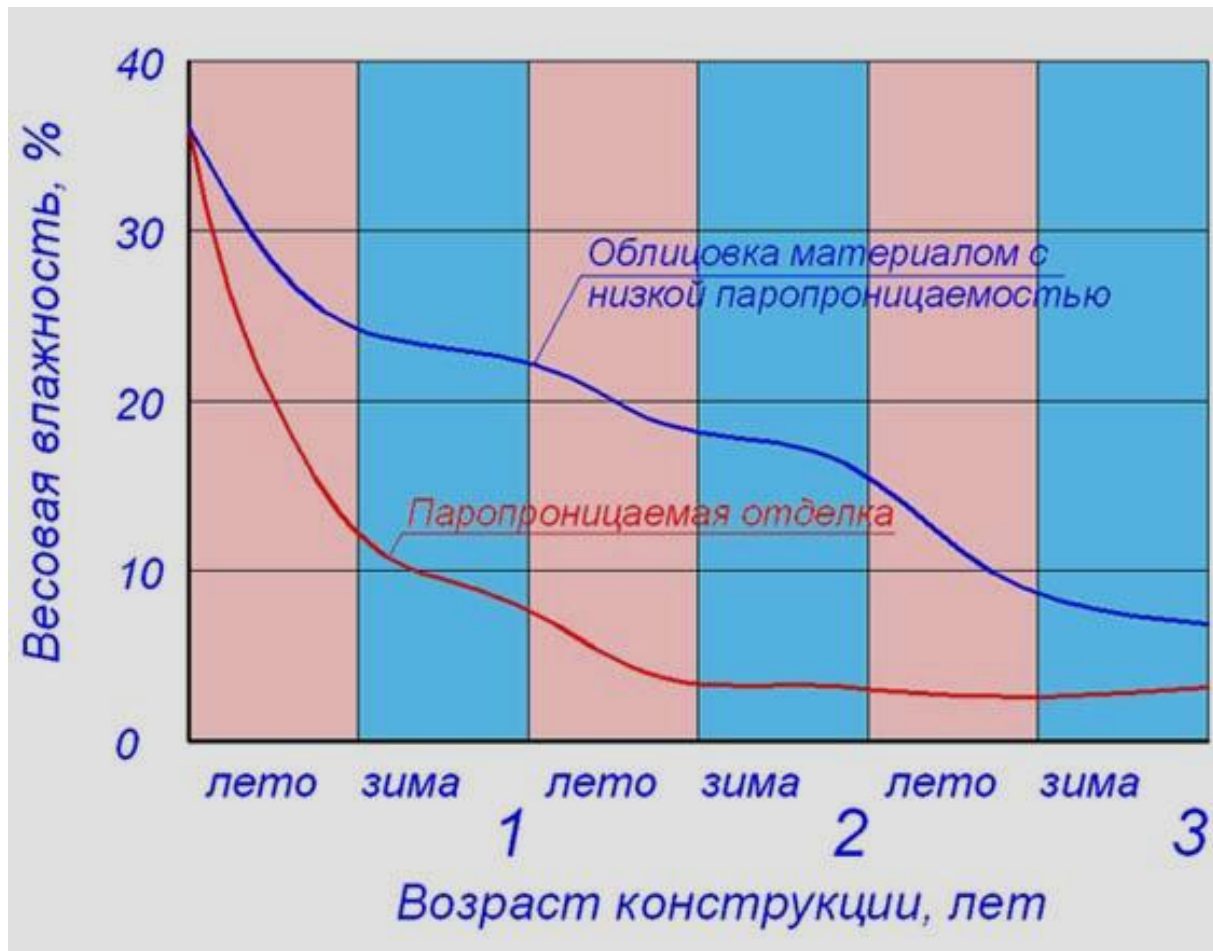
Теплоустойчивость ячеистого БЕТОНА

Суточные колебания температуры наружной и внутренних поверхностей стены с ячеисто бетонной кладкой.





Зависимость весовой влажности от возраста конструкции в первые годы эксплуатации здания.



При необходимости проведения аналитической оценки теплопроводности ячеистого бетона, например при влажности отличающейся от равновесной в большую сторону, что часто встречается в первые годы эксплуатации зданий, на данном этапе следует прибегать к интерполяции или экстраполяции нормативных значений, принимая зависимость между теплопроводностью и влажностью линейной.

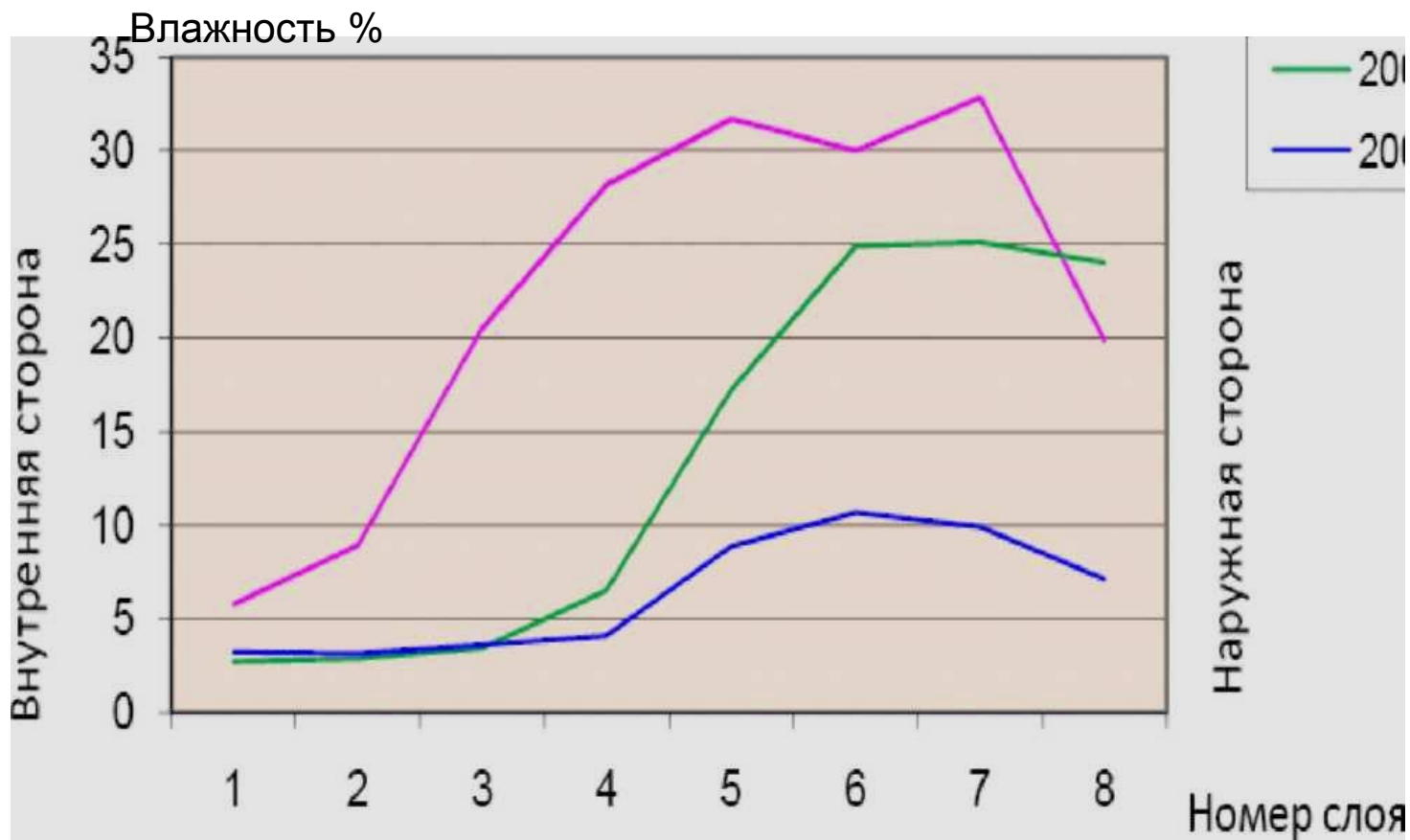
Усадка ячеистого бетона.

- В изделиях из автоклавного газобетона во время их эксплуатации возникают деформации не только при воздействии внешних нагрузок, но и в вследствие влагообменных процессов между бетоном и окружающей средой (**усадка при высыхании**), а также воздействия содержащегося в воздухе углекислого газа CO_2 (**карбонизационная усадка**).

- В ходе автоклавной обработки газобетона возникают новообразования, основной составляющей которых является искусственный минерал **тоберморит**. В этом заключается принципиальная разница между автоклавным и неавтоклавным ячеистым бетоном. В неавтоклавном газобетоне при естественных условиях твердения новообразования, в том числе тоберморит, не образуется. Поэтому **величина усадки при высыхании неавтоклавного бетона в 10 раз больше усадки автоклавного газобетона, что приводит к его трещинообразованию.**
- Процесс усадки при высыхании стабилизируется к моменту достижения в стене равновесной влажности 4-6%.

- Согласно ГОСТ 31359-2007 усадка при высыхании автоклавного газобетона не должна превышать 0,5 мм/м.
- Причиной усадки газобетона в процессе карбонизации являются собственные напряжения гидросиликатной связи, проявляющейся при действии углекислого газа CO₂ находящегося в воздухе.
- Карбонизационная усадка может быть от 0,8 до 2,0 мм т. е. в 3-4 раза больше усадки при высыхании. Такая усадка не нормируется, т. к. практическое значение эта величина имеет для конструкций , которые в течение нескольких десятилетий эксплуатируются без наружной отделки.

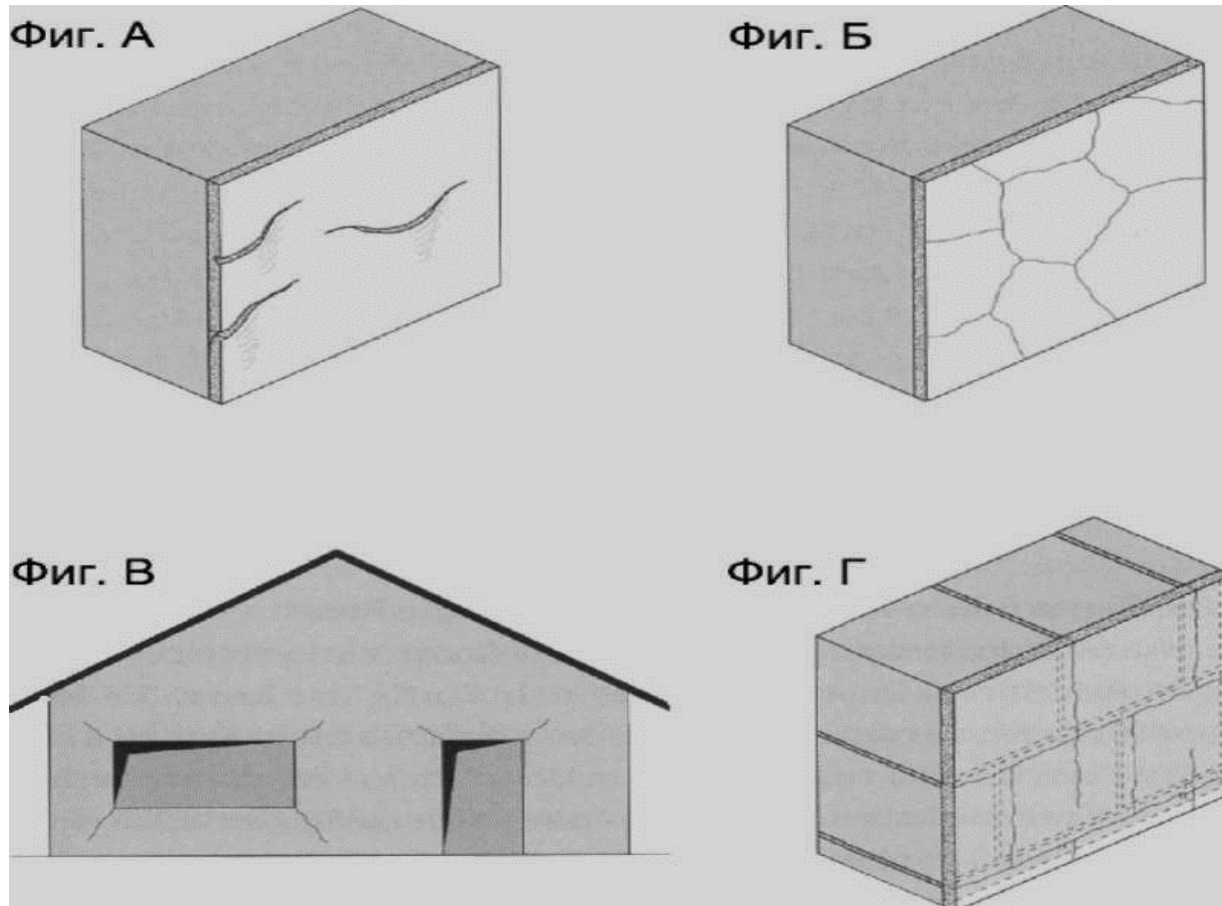
Весовая влажность, распределенная по слоям (приведена в %). Красная линия соответствует измерениям , проведенным в 2005 году, зеленая – в 2006 году, синяя – в 2007 году.



Толщина слоя 3-4см

Возможные причины образования усадочных трещин на наружных стенах.

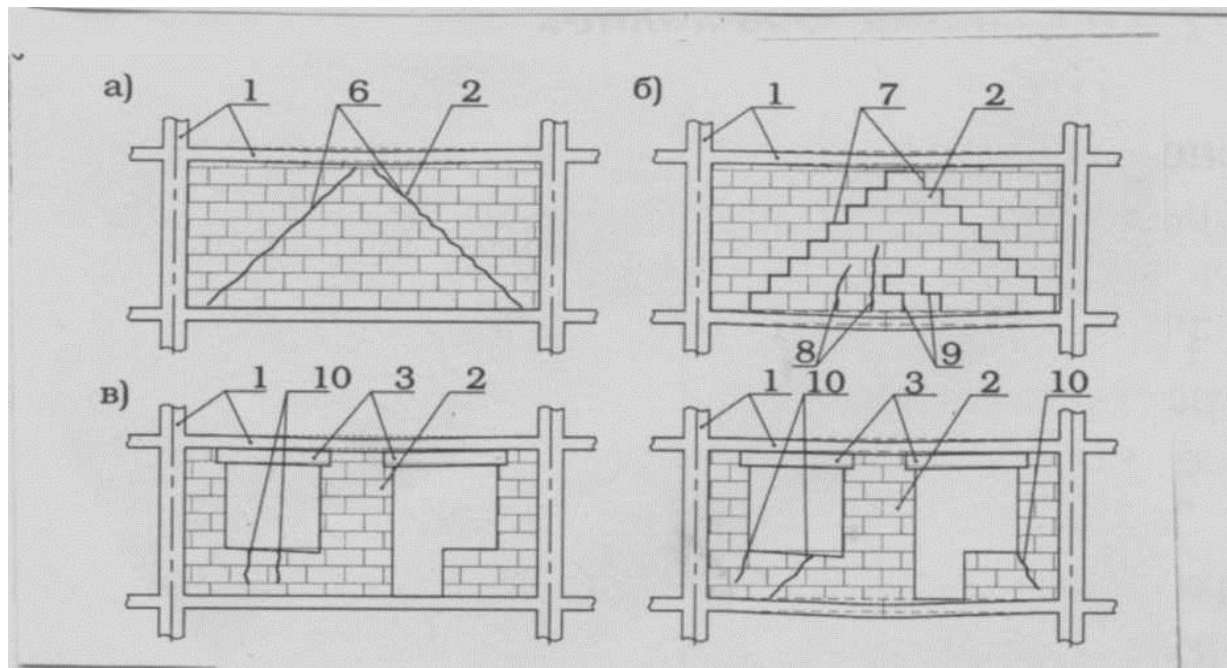
- Производство отделочных работ на не высохшем материале, когда его влажность находится в пределах 15-25 % или более, при этом не предусмотрено дисперсное армирование.
- В проекте не указаны характеристики наружной штукатурки.
- Низкая паропроницаемость штукатурного слоя, а также отсутствие деформационных и температурных швов.



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

Необходимо помнить о том, что деформации каркаса под нагрузкой, могут вызвать дефекты и повреждения кладки оболочки. Примеры повреждения кладки наружных стен при различных деформациях элементов каркаса представлены ниже на рисунках. Также необходимо обращать внимание на несущую способность (**деформативность**) сборных железобетонных плит перекрытия на которые опираются стены в зданиях с поперечными несущими стенами .

Кроме отмеченного, при проведении теплотехнического расчета необходимо учитывать влияние металлических включений, деталей крепления стены к колонне или ее армирование (при наличии). При производстве работ следует обратить внимание на применение непромерзающих перемычек над оконными проемами и уделять особое внимание заполнению и герметизации верхнего стыка примыкания стены к перекрытию по всему периметру каждого этажа и устройству деформационных и температурных швов.



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;

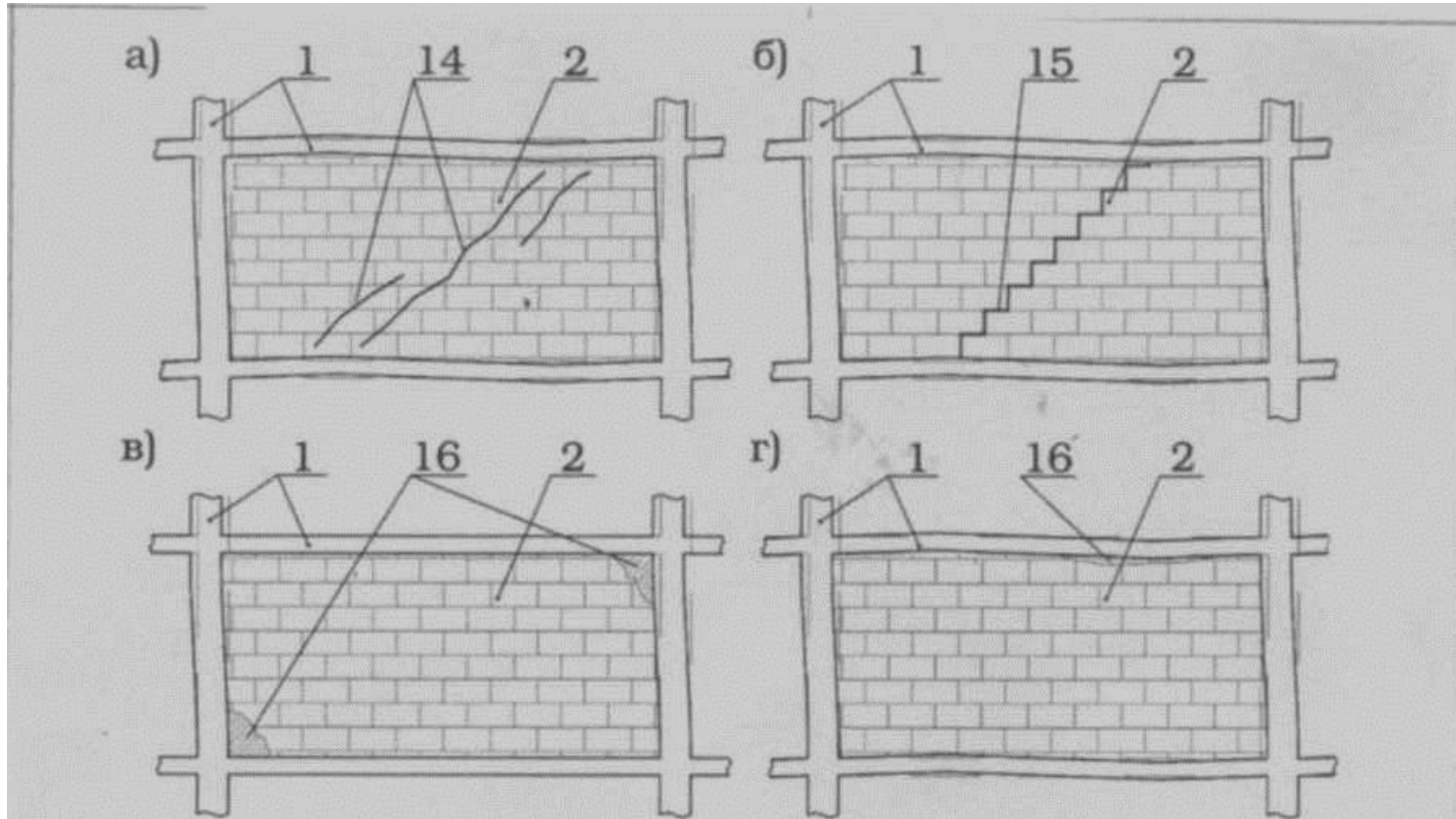
б - наклонные трещины в теле кладки по траекториям главных сжимающих напряжений;

7 - ступенчатые наклонные трещины продавливания по швам кладки;

8 - нормальные трещины в растянутой зоне по телу кладки;

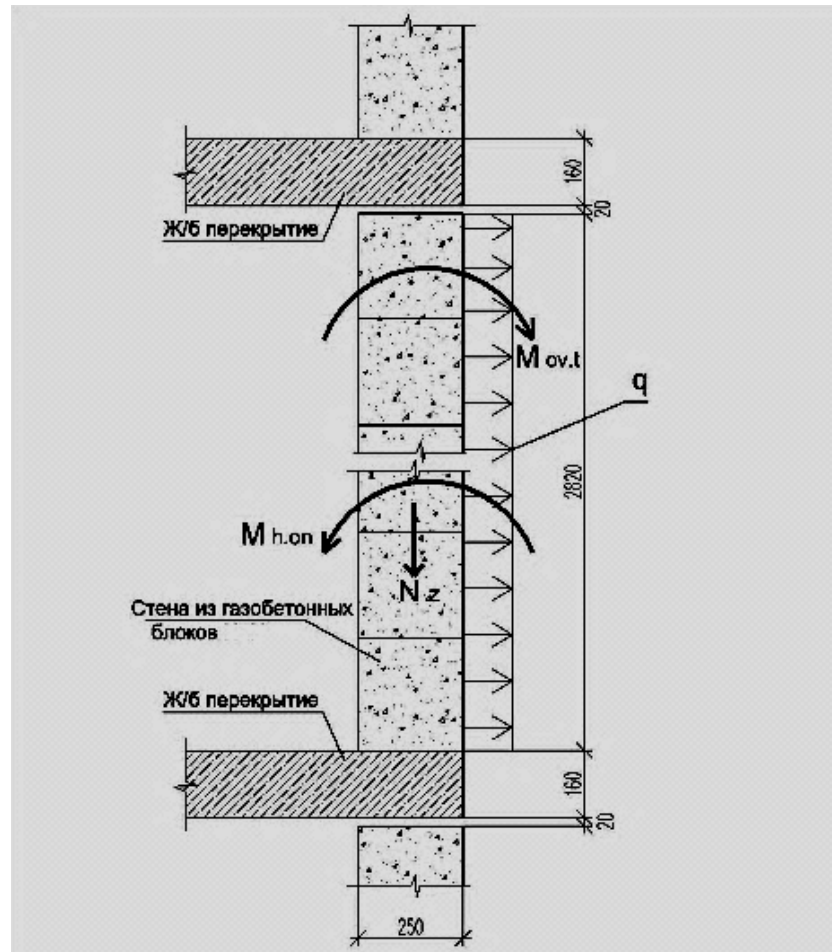
9 - то же, по швам;

10- нормальные и наклонные трещины в подоконной зоне.



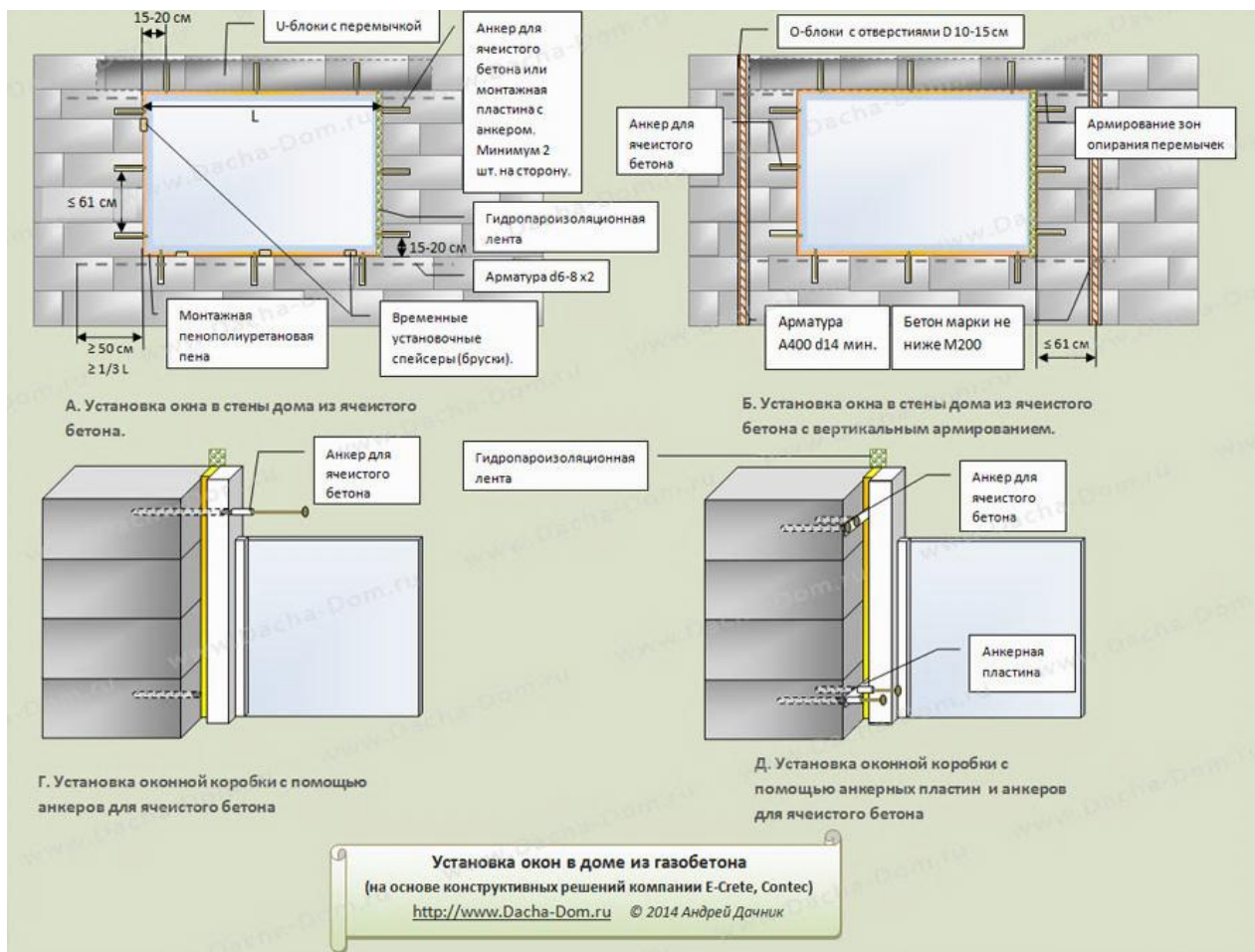
**14-наклонные трещины по траекториям главных сжимающих напряжений;
 15-трещины в кладке простенков от изгиба по неперевязанному сечению;
 16 - локальные повреждения кладки в местах передачи локальных усилий с каркаса на кладку.**

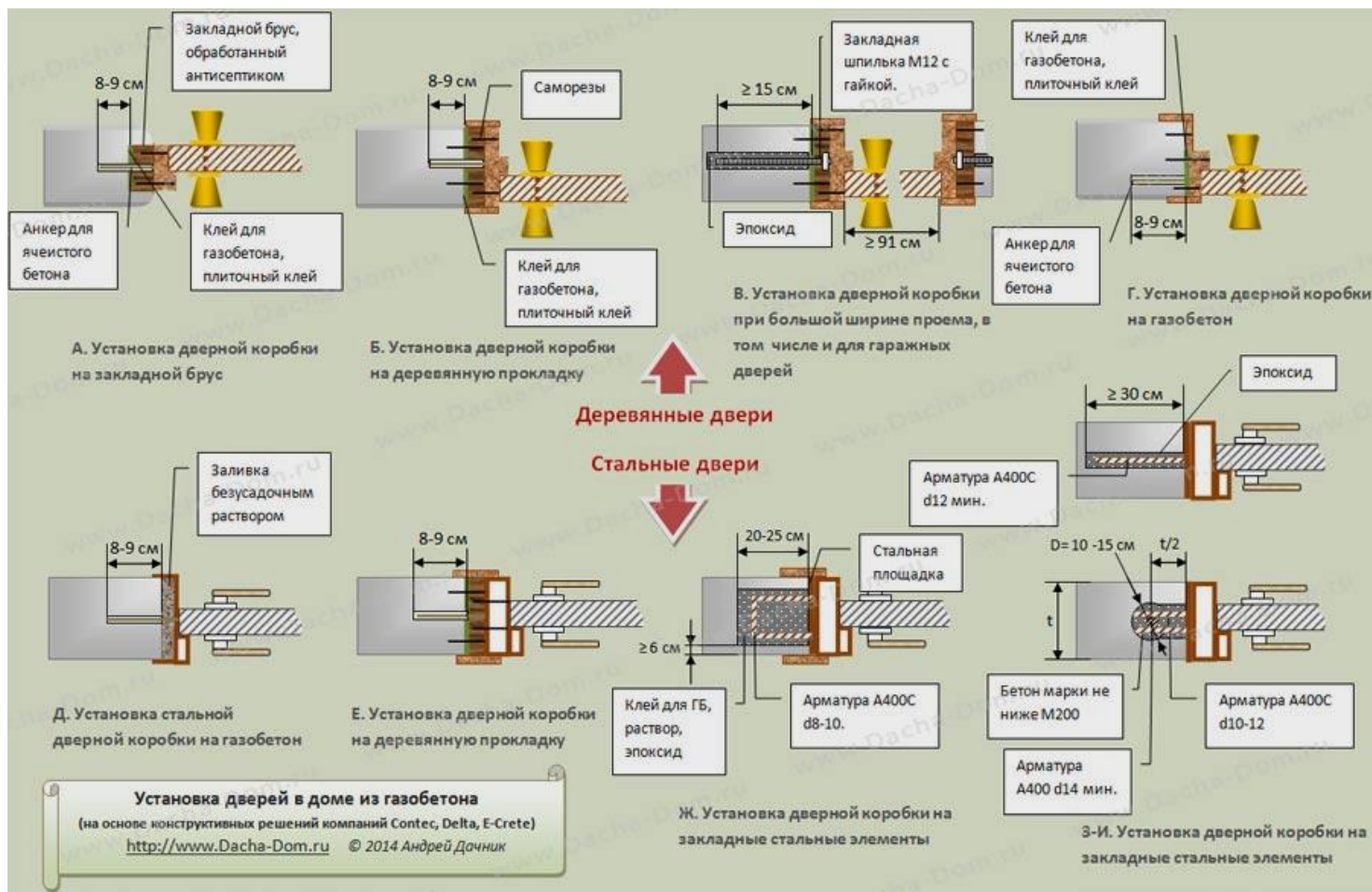
Схема действующих на фрагмент стенового заполнения опрокидывающего и удерживающего моментов.



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

Примеры крепления стен и перегородок из ячеистого бетона





**Жесткое сопряжение стен из газобетона
(вид сверху)**

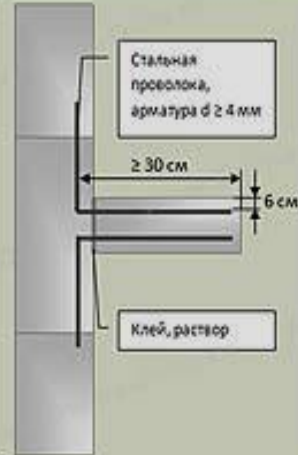
<http://www.Dacha-Dom.ru> © 2014 Андрей Дачник



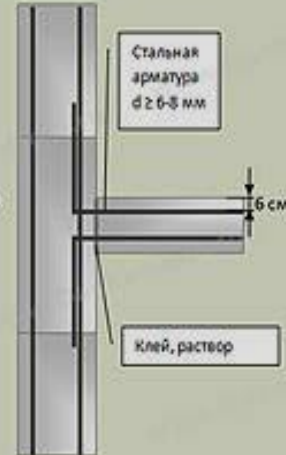
А. Перевязка однослойной кладки



Б. Перевязка двухслойной кладки



В. Армирование примыкания вне поясов армирования кладки



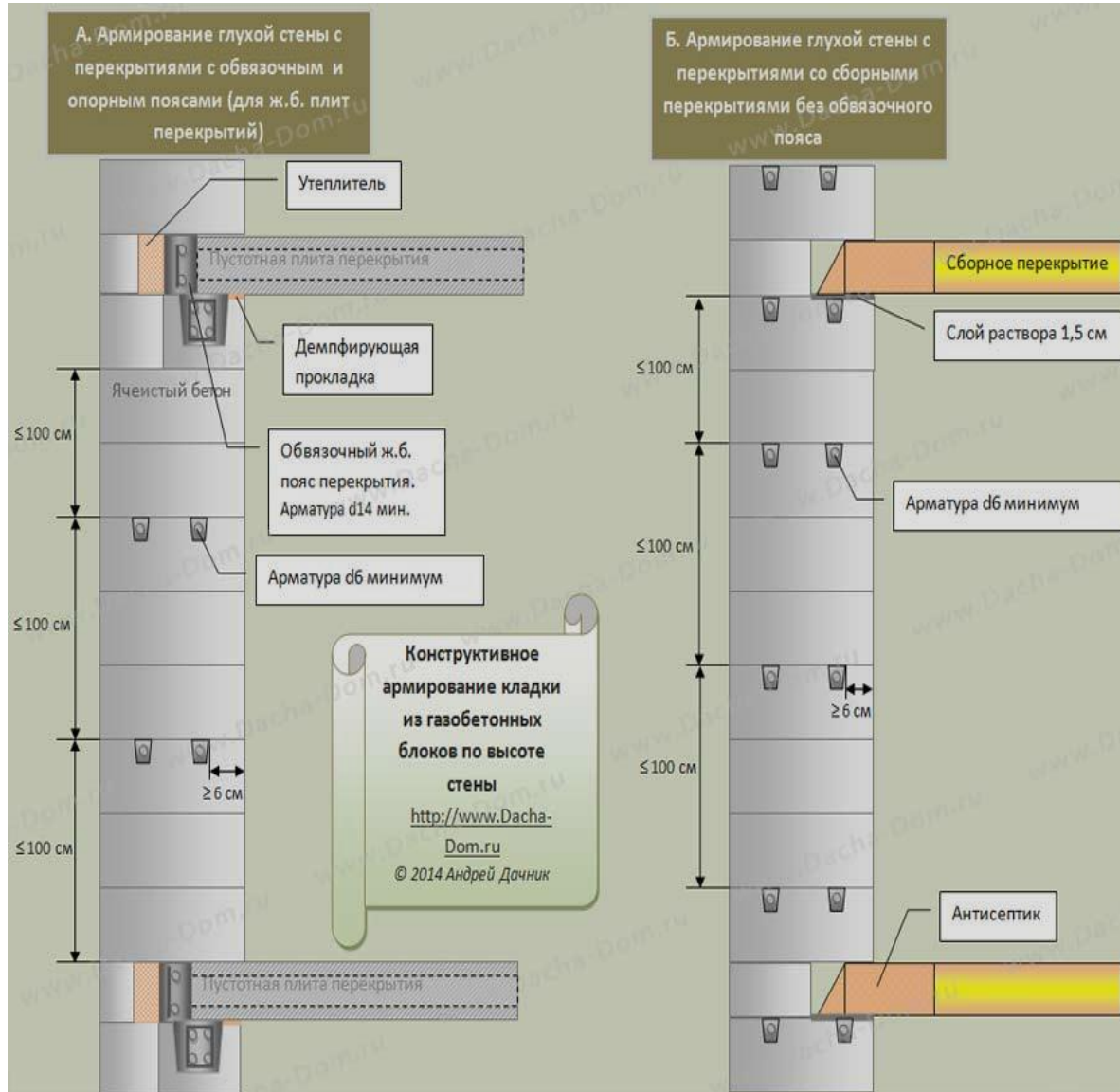
Г. Армирование примыкания в поясах армирования кладки



Д. Армирование примыкания стальным уголком

Сопряжение стен жесткими связями допустимо:

1. При разнице нагрузок на стены до 30%
2. При общей основе (фундамент, плита перекрытия).
3. При сочленении стен одного типа (несущие-несущие, самонесущие-самонесущие).



**Недостатки ячеистого бетона и
конструкций из него.**

- **Несущая способность** Из марки D500 можно строить дома высотой до 3-го этажа. Несущей способности для этого достаточно, чтобы выдержать нагрузку всей конструкции дома и плит перекрытия. Чтобы плиты перекрытия не срезали стены из газобетонных блоков, в местах опирания плит перекрытия и иных нагружаемых элементах здания делается в идеальном варианте специальный железобетонный пояс, в худшем случае – используются железобетонные опорные подушки или обычная кирпичная кладка.
- При этом, эти нагружаемые элементы здания являются тепловыми мостами. Дома выше 3-го этажа из газобетонных блоков практически не строятся, так как для возведения таких домов требуется газобетон повышенной плотности, что в свою очередь сильно снижает теплоизоляционные свойства материала и возрастает стоимость строительства. Ещё немаловажный факт – газобетон при всех его качествах является достаточно хрупким материалом. У него невысокая стойкость на изгиб. То есть это материал, который лишён эластичности. ***Малейшая деформация фундамента (или плиты перекрытия в каркасном доме с поэтажно опертыми наружными стенами) может привести к массивным трещинам всей конструкции.***

- **Способность газобетона сильно абсорбировать влагу, чем резко снижаются теплотехнические характеристики, возникают деформации, которые портят отделку.**
- **Оптимальной плотностью для использования в качестве конструкционно-теплоизоляционного материала является плотность D500, у которой показатели морозостойкости не *превышают 25 циклов*, при необходимых для фасадной отделки 50 циклах. Указываемые завышенные параметры морозостойкости принадлежат изделиям с более высокой плотностью.**
- **Низкая механическая прочность, что ограничивает использование традиционного крепежа, вынуждая использовать дорогостоящий специальный крепёж.**

- **Для газобетонной кладки необходим фундамент, исключающий усадочные деформации и риск возникновения массивных трещин в кладке.**
- **Выполненная по действующим нормам кладка из газобетонных блоков значительно снижает стоимость недвижимости (примерно на 10-20% в зависимости от конфигурации) за счёт снижения количества полезных квадратных метров внутренней площади здания.**

- **Остаточная свободная известь в кладке способствует ускоренной коррозии металлических включений (арматура, трубопровод, перемычки, каркас). Автоклавный ячеистый бетон по химическим свойствам близок к обычному тяжёлому бетону. Как и другие минеральные материалы на известковых и цементных вяжущих, во влажном состоянии дают слабую щелочную реакцию (pH= 9-10,5).**
- **Из-за высокой пористости и сравнительно низкой щелочности, он не защищает стальную арматуру от коррозии так же хорошо, как плотный бетон. Поэтому арматура и крепежные металлические элементы, непосредственно контактирующие с ячеистым бетоном, должны быть предварительно защищены от коррозии каким -либо из существующих способов.**
- **В случае продольного армирования стен прутковой арматурой, закладываемой в штрабы, заполненные клеем или мелкозернистым бетоном, арматура может быть признана защищённой от коррозии слоем клея/бетона.**
- **Во внутренних частях зданий с сухим и нормальным режимами эксплуатации стальные элементы могут использовать без антикоррозионной защиты.**

КЕРАМЗИТОБЕТОН

Сравнительные характеристики различных материалов для стен

Стеновые материалы	Плотность, кг/м ³	Класс по прочности на сжатие	Предел прочности при сжатии, МПа	теплопроводность, Вт/м*К	Морозостойкость, циклов не менее	Водопоглощение, %
пенобетонные блоки	600	B1,0	1,0	0,12-0,14	35	14
	700	B1,5-2,5	1,5-2,1	0,15-0,18		
	800	B2,5-3,5	2,1-5,0	0,18-0,21		
газобетонные блоки	400	B1,5-2	1,5-1,8	0,10	35	20
	600	B3,5	5,0	0,12		
	800	B3,5	5,0	0,14		
полистиролбетонные блоки	450	B1,0-1,5	1,0-1,5	0,115	35-100	5
	500	B1,5-2,5	1,5-2,1	0,125		
	550	B2,0-2,5	1,8-2,1	0,135		
	600	B2,0-2,5	1,8-2,1	0,145		
керамзитобетонные блоки	700	B3,5	4,5	0,15	25	18
	800	B4,5	5,0	0,35		
	1400	B10	13	0,45		
арболитовые блоки	400	B0,35	0,5	0,08	25	40-85
	850	B3,5	2,5	0,17	50	
шлакобетонные блоки	500	B3,0	4,0	0,3	20	
	1000	B4,5	5,0	0,5		
кирпич красный	1550-1700		2,5-25	0,6-0,95	25	12



Керамзитобетонные блоки строительные "ТермоКомфорт" толщина стены 425 мм

425 мм



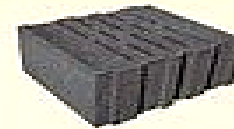
Керамзитобетонные блоки строительные «ТермоКомфорт» шириной 425 мм – щелевого типа (7 рядов щелей) с пазо-гребневой системой, применяются в несущих и ограждающих конструкциях зданий и сооружений.



Размер L·B·H, мм
120 × 425 × 190



Размер L·B·H, мм
245 × 425 × 190



Размер L·B·H, мм
370 × 425 × 190

Количество на поддоне - 1,246 м³ или 63 штуки (3 типоразмера по 21 штуке)
Вес 1 поддона - 850 кг

Технические характеристики

плотность блока, кг/м ³	600 - 700
приведённое сопротивление теплопередаче фрагмента стены толщиной 425 мм с учётом растворных швов из цементно-песчаного раствора толщиной 10 мм*	3,056
коэффициент теплопроводности кладки стены*, Вт/м·°C	0,139
индекс изоляции воздушного шума, дБ	55
удельная эффективная активность естественных радионуклидов, Бк/кг	171 (материал соответствует I классу)
коэффициент паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)	0,26
прочность на сжатие, Н/мм ²	2,0 - 3,0
морозостойкость, число циклов	50
предел огнестойкости при t = 1050 °C	RE 180
сопротивление воздухопроницанию фрагмента стены толщиной 440 мм со штукатуркой на внутренней поверхности толщиной 15 мм и заполнением горизонтальных швов цементно-песчаным раствором, м ² ·ч·даПа/кг	96,6

* Кладка выполнена однослойной из блоков шириной 425 мм, горизонтальные швы фрагмента стены выполнены из цементно-песчаного раствора – двух полос общей шириной 200 мм и толщиной 10 мм, вертикальные стыки блоков





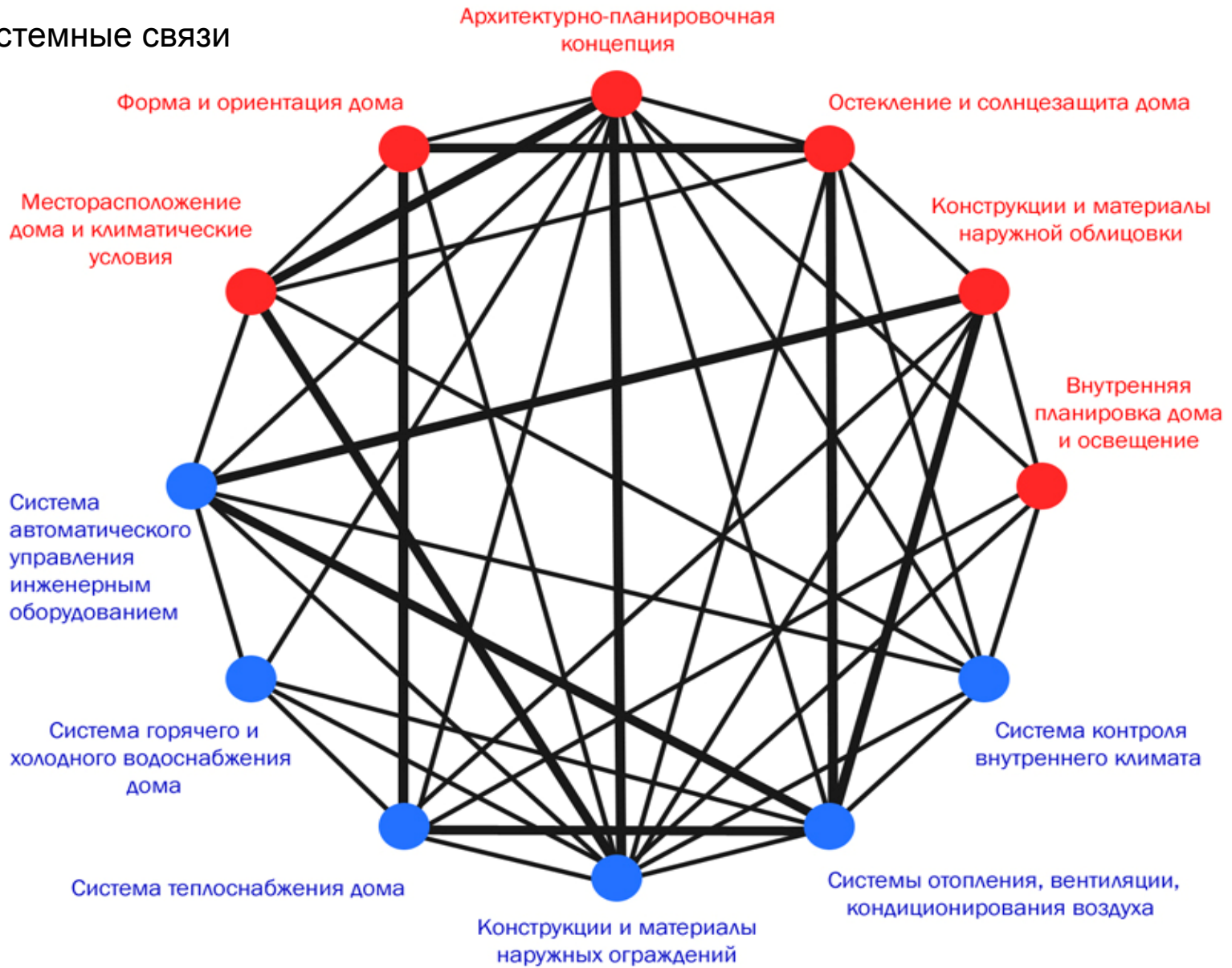




Спасибо за внимание

**ГРАФИКИ, ДИАГРАММЫ И ФОТО ДЛЯ РАБОТЫ
ПРОЕКТИРОВЩИКА ПРИ ВЫБОРЕ
КОНСТРУКЦИИ здания**

Системные связи





Комплекс взаимосвязанных энергосберегающих градостроительных и объемно-планировочных решений.

- **организация планировочной структуры микрорайонов (кварталов) из полузамкнутых жилых групп, открытых на южную сторону горизонта и сформированных из энергоэффективных жилых зданий;**
- **компактность комплексной застройки микрорайонов (кварталов) за счет повышения плотности застройки, основными показателями которой являются коэффициент застройки микрорайона (квартала, земельного участка) и коэффициент плотности застройки микрорайона (квартала, земельного участка);**
- **применение при формировании жилых групп ветрозащитной застройки для уменьшения инфильтрационных теплопотерь от ветрового воздействия;**
- **оптимизация размещения сети учреждений обслуживания в виде компактных общественных, торговых, спортивно-оздоровительных, культурно-развлекательных и других центров различного уровня обслуживания**

- комплексное освоение подземного пространства для размещения транспортных и пешеходных сооружений, автостоянок и гаражей, предприятий торговли, общественного питания, зрелищных и спортивных сооружений, объектов складского хозяйства, объектов промышленного назначения и энергетики, сооружений и сетей инженерно-технического обеспечения и других объектов, не требующих естественного освещения;
- применение блокировки зданий, позволяющей существенно снизить их теплопотери;
- применение для застройки жилых зданий с плоскими эксплуатируемыми крышами, что позволяет повысить плотность застройки за счет освободившихся территорий;
- реконструирование застройки существующих микрорайонов (кварталов) с целью ликвидации сквозных ветрообразующих пространств (аэродинамических труб) и организации замкнутых или полузамкнутых пространств;
- учет экологических условий и климатических параметров (температуры и влажности воздуха, повторяемости и скорости ветра, солнечной радиации и светового климата) при разработке проектов планировки или при выборе земельного участка, для строительства жилых и общественных зданий.

- **совершенствование архитектурно-планировочных решений жилых зданий с широким корпусом:**
- **сокращение площади наружных ограждающих конструкций путем уменьшения периметра наружных стен за счет отказа от изрезанности фасадов, выступов, западов и т. п.**
- **устройство мансардных этажей на существующих зданиях из легких ограждающих конструкций с повышенными теплозащитными свойствами;**
- **максимальное остекление южных фасадов и минимальное остекление северных фасадов зданий;**
- **установка дополнительных тамбуров при входах в здание;**
- **установка доводчиков входных дверей;**
- **максимальное использование естественного освещения помещений для снижения затрат электрической энергии;**

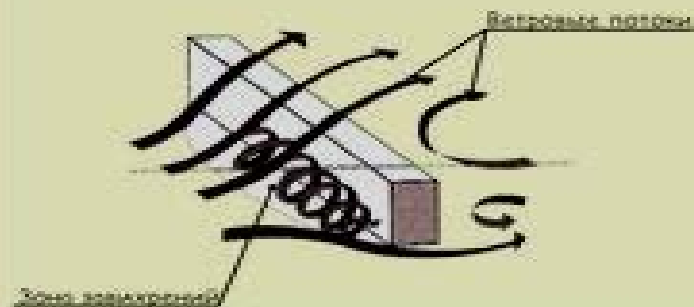
Влияние формы дома на характер воздушных потоков

Территория населенных мест представляет собой систему пространств, ограниченных зданиями или сооружениями, каждая из которых своим влиянием на изменение воздушных потоков определяет характерные аэродинамические эффекты ветра в застройке.

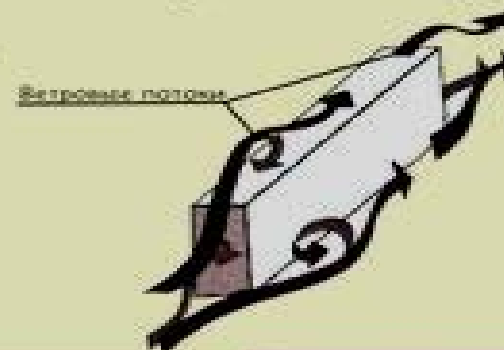
Дом плоской формы



Дом линейной формы под углом 90° к потоку ветра

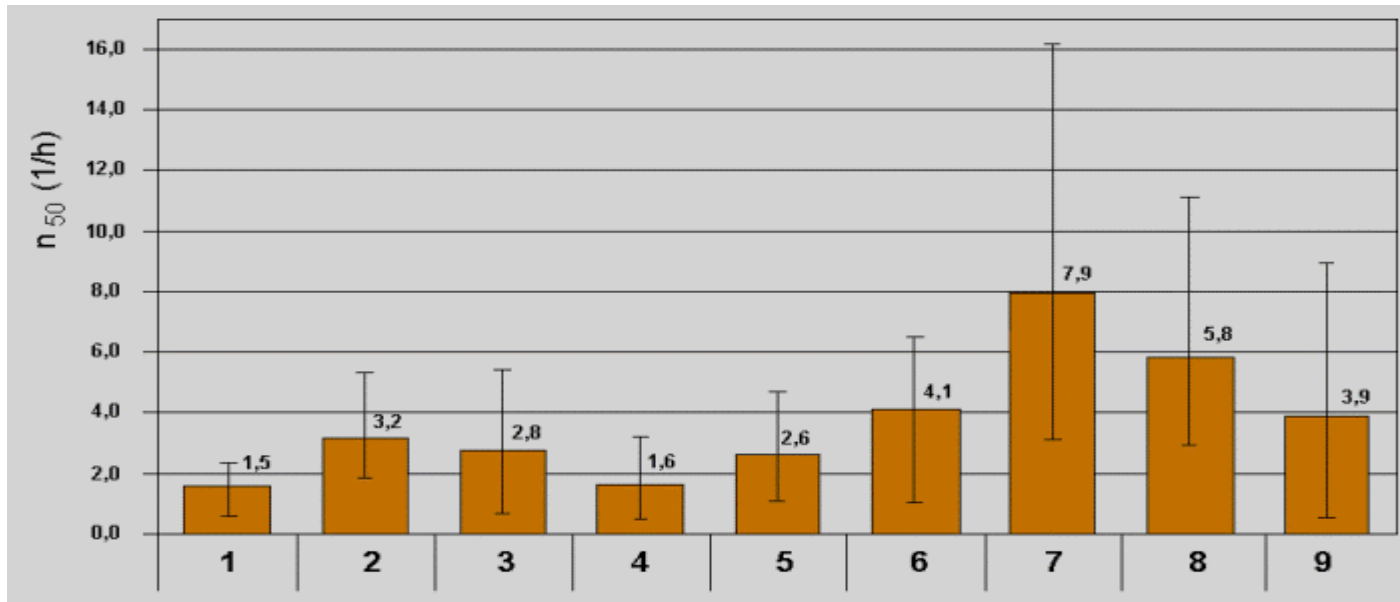


Дом линейной формы под углом 0° к потоку ветра



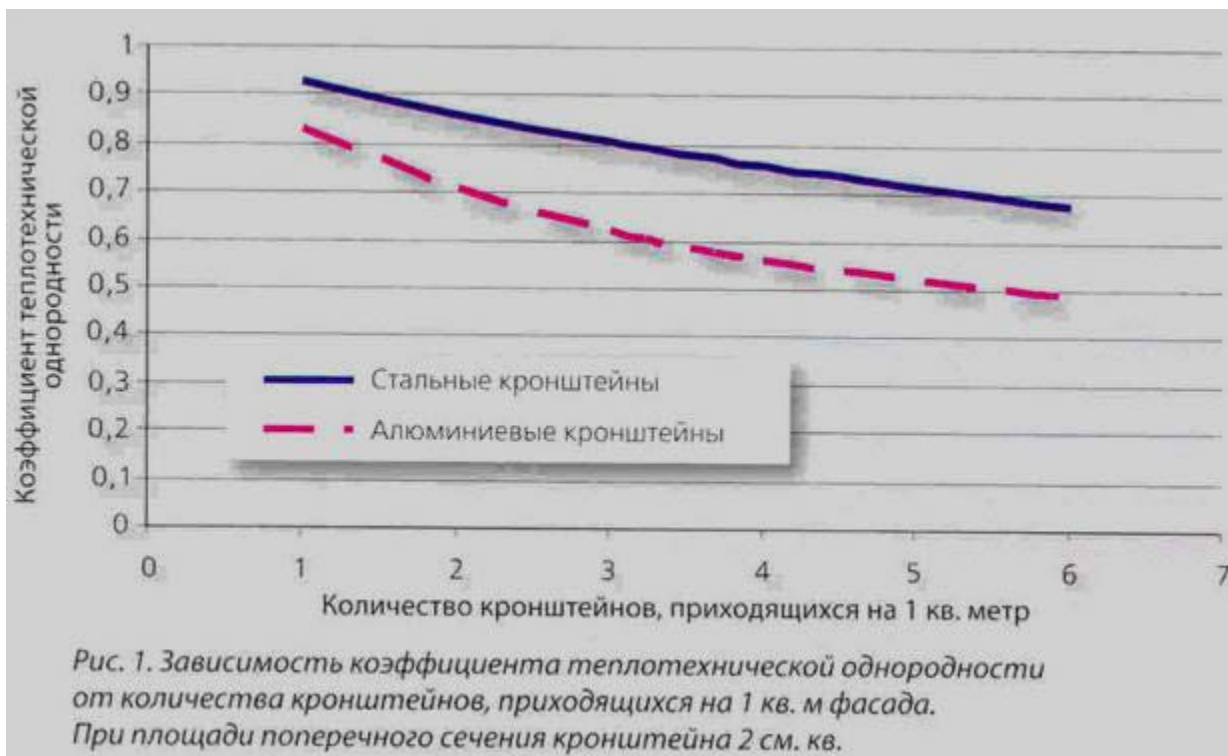
Морфологическое решение

Воздухопроницаемость

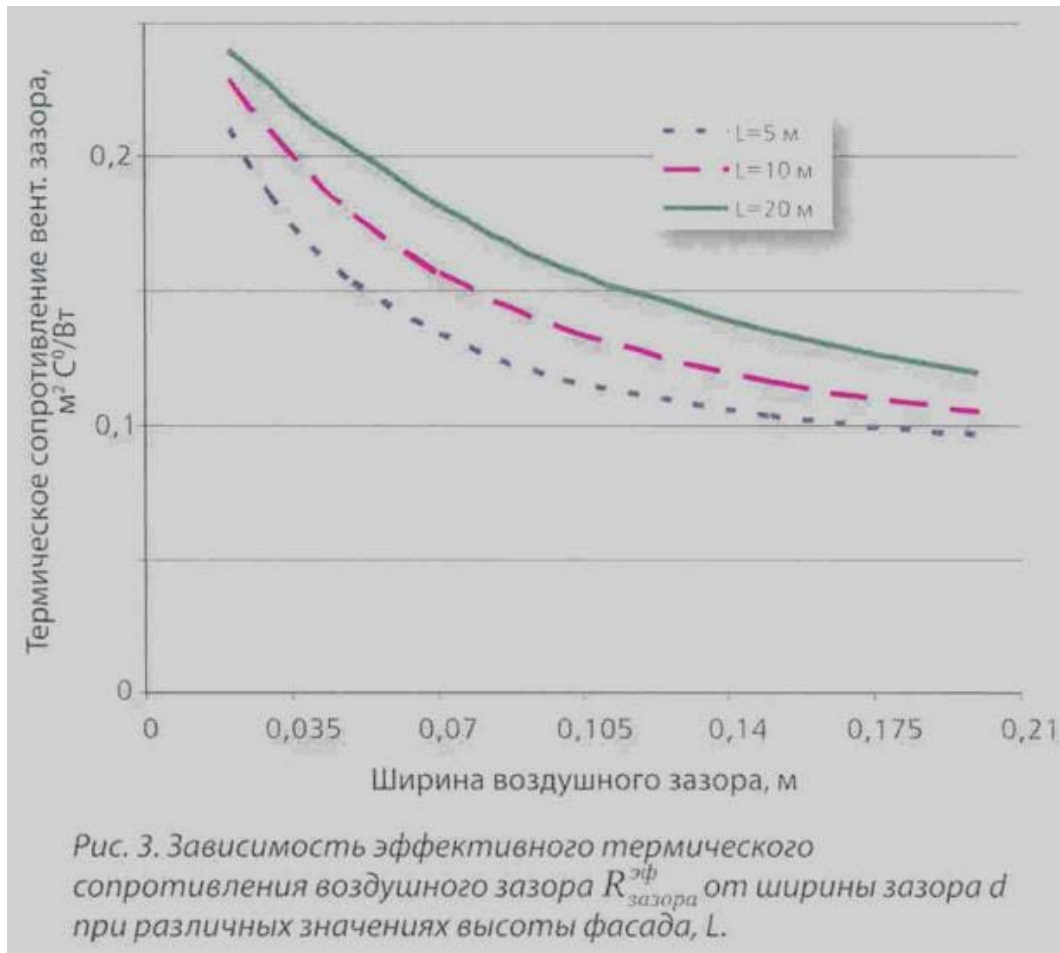


1 - дома из ячеистого бетона; 2 - дома из керамзитового бетона; 3 - кирпичные дома; 4 - дома из бетонных блоков; 5 - дома из бетонных панелей; 6 - бревенчатые дома с уплотненными швами; 7 - классические бревенчатые дома; 8 - бревенчатые дома с дополнительным утеплением; 9 - деревянный каркас

Зависимость коэффициента теплотехнической однородности от различных включений.



Зависимость термического сопротивления воздушного зазора от ширины зазора и высоты дома.



Расположение точки росы

Расположение точки росы в стене зависит от следующих параметров:

- **материала и толщины всех слоев стены;**
- **температуры снаружи помещения;**
 - **температуры внутри помещения;**
- **уровня влажности снаружи помещения;**
- **уровня влажности внутри помещения.**

Далее необходимо опираться на два понятия: положение точки росы в стене и точка росы. Для этого разберем, что именно происходит с положением точки росы:

- **в стене, которая утеплена изнутри;**
- **в стене, которая утеплена снаружи;**
 - **в стене без утепления.**

Расположение точки росы в стене без утепления

В данном случае будет несколько вариантов расположения точки росы, а именно:

- расположение точки росы между наружной поверхностью стены и серединой стены – в данном случае стена будет сухой;
- расположение точки росы между внутренней поверхностью и серединой стены – в данном случае стена сухая, но может намокать при резком понижении температуры снаружи и при этом точка росы может перемещаться на внутреннюю поверхность стены;
- расположение точки росы на внутренней поверхности – в данном случае стена будет мокрой внутри практически весь зимний период.

Расположение точки росы в стене утепленной снаружи

В данном случае будет несколько вариантов расположения точки росы, а именно:

- если толщина утеплителя соответствует теплотехническим расчетам, то положение точки росы будет внутри утеплителя – в данном случае стена будет сухой и расположение точки росы правильным;
- если толщина утеплителя меньше, чем по теплотехническим расчетам, то положение точки росы может варьироваться как для стены без утепления.

Расположение точки росы в стене утепленной изнутри

- Когда происходит утепление стены изнутри, то таким образом она как бы отгораживается от комнатного тепла. Таким образом, происходит смещение положения точки росы внутрь помещения и понижение температуры самой стены под утеплителем. Другими словами, положение точки росы и температура для образования конденсата становятся более вероятными.

В данном случае будет несколько вариантов расположения точки росы, а именно:

- в толще стены – в данном случае стена будет сухая, но может замокать при резком снижении температуры снаружи помещения и положение точки росы может перемещаться на внутреннюю поверхность стены;
- на внутренней поверхности стены под утеплителем – в данном случае стена под утеплителем будет замокать весь зимний период;
- внутри утеплителя – в данном случае стена и утеплитель будут замокать весь зимний период.

Утепление снаружи и изнутри

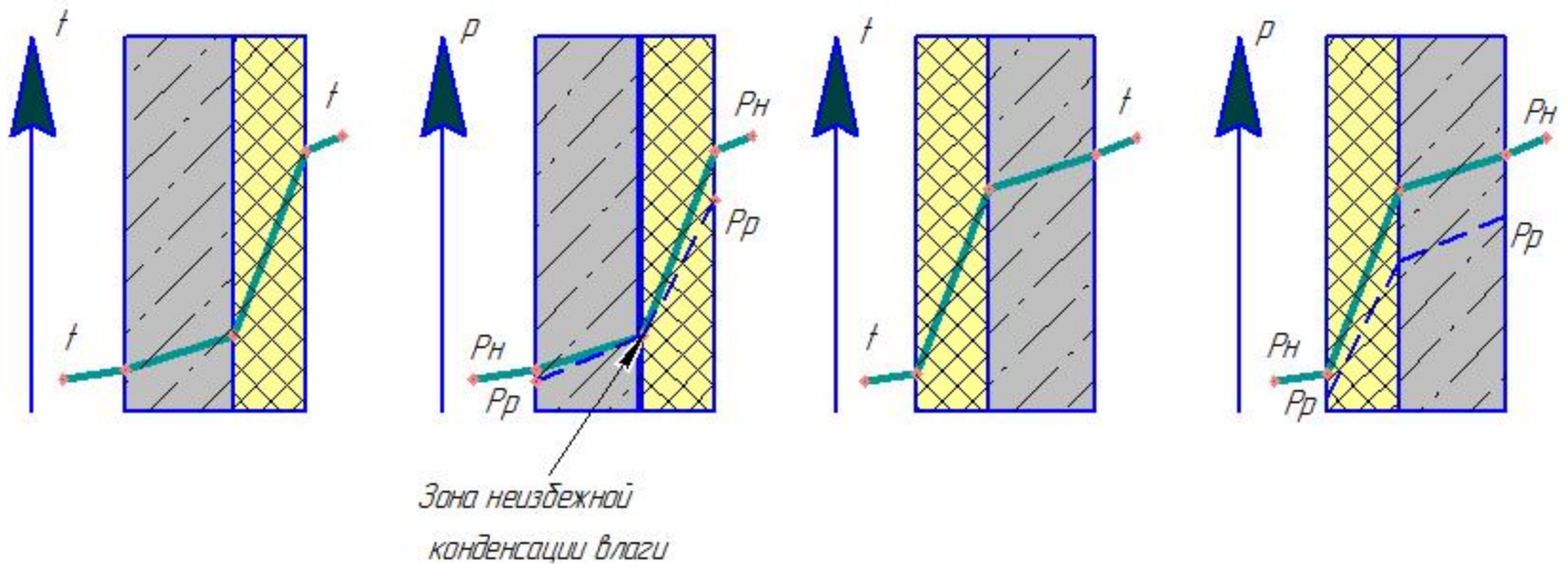
- Теперь необходимо разобраться, когда можно утеплять стену изнутри, а когда это необходимо делать снаружи. В данном случае необходимо понимать, что будет происходить со стеной после утепления изнутри. Если стена будет сухой, то можно утеплять изнутри, если будет мокрой при резком похолодании – по желанию заказчика, если постоянно мокрой в зимний период – утеплять изнутри нельзя.

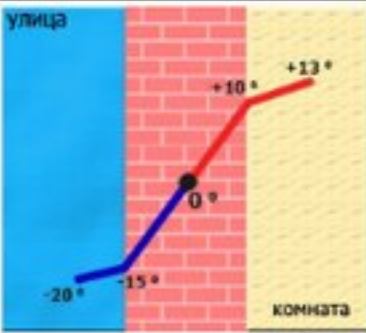
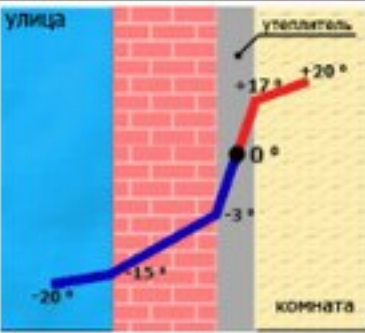
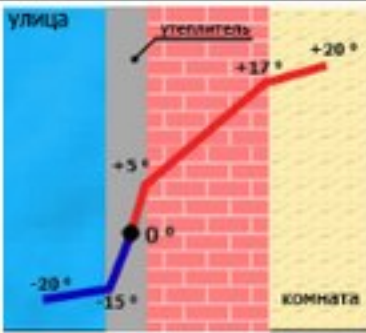
Факторы, влияющие на точку росы и ее положение:

- режим проживания в помещении;
- вентиляция;
- качество работы отопления;
- степень утепления других конструкций;
- материал и толщина всех слоев стены;
- влажность внутри помещения;
- температура внутри помещения;
- влажность снаружи помещения;
- температура снаружи помещения;
- климатическая зона;
- что находится за стеной.
- **Ситуация без конкретики, когда возможно утепление изнутри:**
- **помещение с постоянным проживанием;**
- **вентиляция выполнена по нормам;**
- **отопление работает хорошо и выполнено по нормам;**
- **остальные конструкции утеплены по нормам;**
- **стена толстая и достаточно теплая.**
- **Если полностью упростить, то получается следующее: чем теплее регион, чем лучше работает отопление с вентиляцией, чем толще и теплее стены, тем большая вероятность утепления помещения изнутри.**

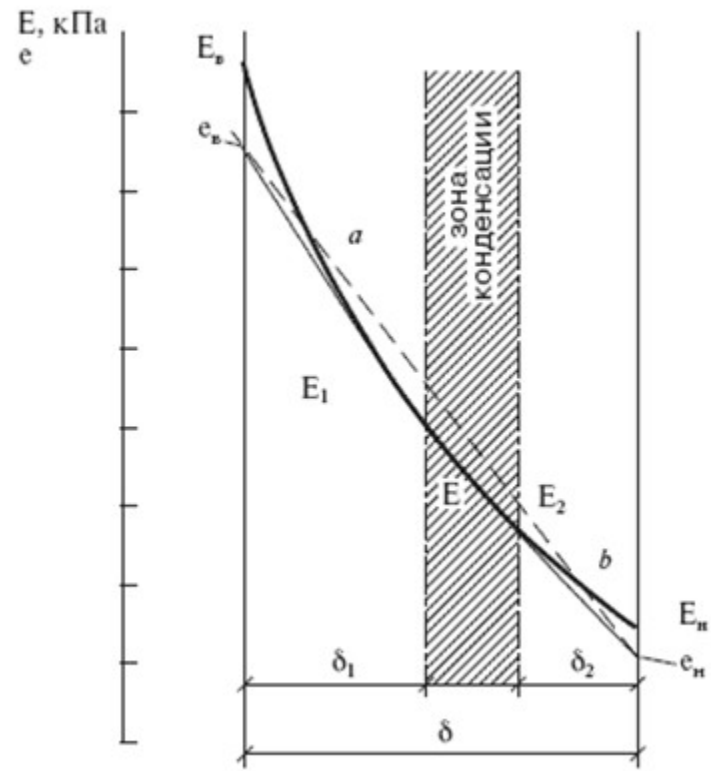
Утеплитель внутри

Утеплитель снаружи

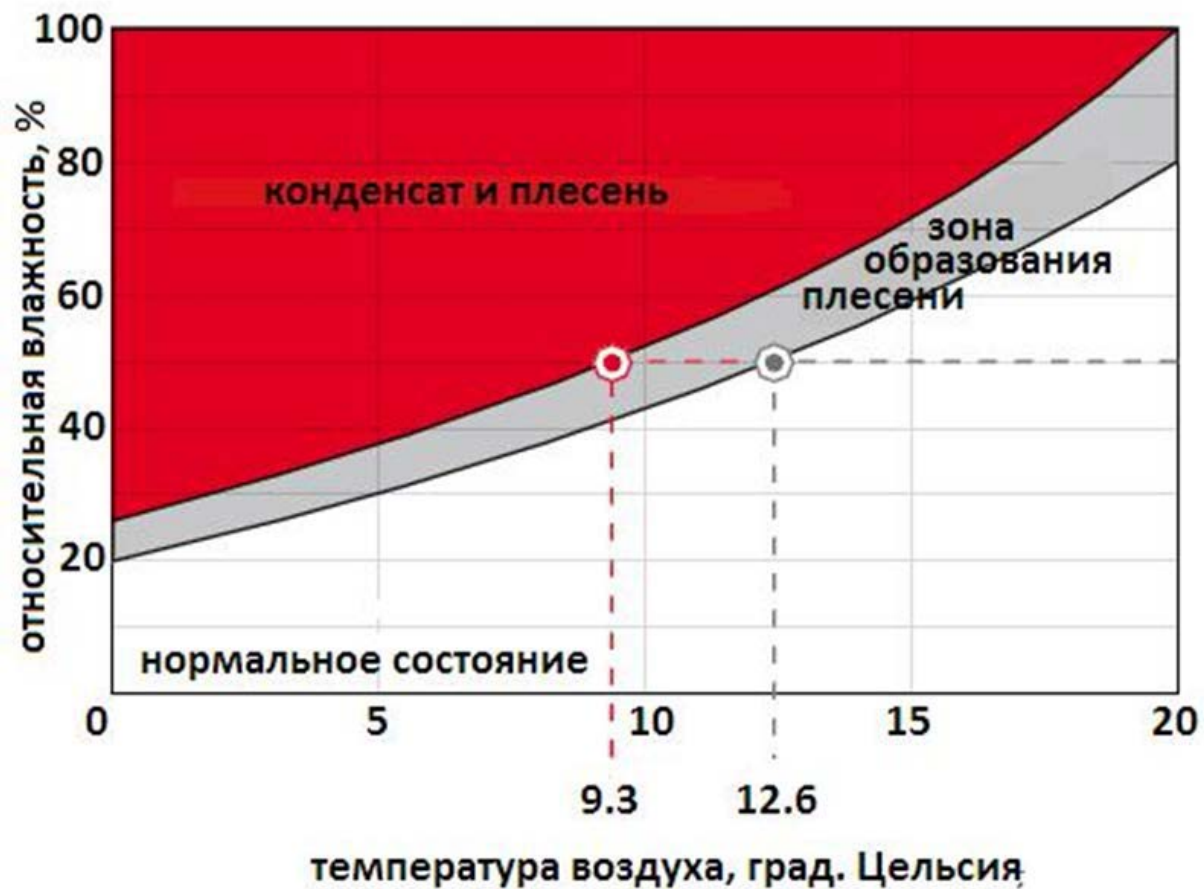


		
<p>Утепление стен не выполнено</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Стены подвержены воздействию перепадов температуры. 2. Точка росы находится внутри стены, что ведет к образованию конденсата и постепенному разрушению конструкции. 3. Потери тепла могут достигать до 80%. <p>Значительная потеря тепла происходит через стены здания.</p>	<p>Утепление стен выполнено внутри помещения</p> <ol style="list-style-type: none"> 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. <p>Теплопотери сокращаются незначительно.</p>	<p>Утепление стен выполнено снаружи помещения</p> <ol style="list-style-type: none"> 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 <p>Значительно сокращены теплопотери.</p>

Линия «Е» – максимальная упругость водяного пара
Линия «е» – упругость водяного пара



Определение точки росы



- **ТКП 45-2.04-43-20006** п.9.2

Для расчета требуемого сопротивления паропрооницанию ограждающей конструкции принимают, что плоскость возможной конденсации в однородной (однослойной) конструкции находится на расстоянии равном 0,66 толщины конструкции от ее внутренней поверхности, а в многослойной конструкции – совпадает с поверхностью теплоизоляционного слоя, ближайшей к наружной поверхности ограждающей конструкции.

Точка росы – температура воздуха – относительная влажность

Зависимость температуры точки росы от температуры и относительной влажности воздуха, °С				
Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха			
	30%	50%	70%	90%
24 °С	5,4	12,9	18,2	22,3
22 °С	3,1	11,1	16,3	20,3
20 °С	1,9	9,3	14,4	18,3
18 °С	0,2	7,4	12,5	16,3

Паропроницаемость материалов для ограждающих конструкций

ПОКАЗАТЕЛЬ	ЖЕЛЕЗОБЕТОН	ЯЧЕЙСТЫЙ БЕТОН м 500	ПЕНОПОЛИСТИРОЛ	МИНВАТА м125	ГИПСОПЕРЛИТОВЫЙ РАСТВОР	ПОЛИМИКС	САРМАТ
РАСЧЕТНЫЙ КОЭФ. ПАРОПРоницаемость и μ МГ/(мчПа)	0,03	0,20	0,05	0,53	0,43	0,02-0,03	0,025

* ПАРОПРоницаемость КЕРАМЗИТОБЕТОНА – 0,26

Проблемный случай: направление потока
изнутри наружу через неплотность



Например: при диффузии пара только
1 гр воды / день / м²

Меры против конденсации влаги в ограждении (К. Ф. Фокин)

- Основным конструктивным мероприятием для обеспечения ограждения от конденсации в нем влаги является рациональное расположение в ограждении слоев различных материалов. Материалы ограждения должны располагаться в следующем порядке: к внутренней поверхности - материалы плотные, теплопроводные и малопаропроницаемые, а к наружной поверхности, наоборот, пористые, малотеплопроводные и более паропроницаемые. При таком расположении слоев в ограждении падение упругости водяного пара будет наибольшим в начале ограждения, а падение температуры, наоборот, в конце ограждения. Это не только обеспечит ограждение от конденсации в нем влаги, но и создаст условия, предохраняющие от сорбционного увлажнения.

Пенополистирол в системах утепления ограждающих конструкций

Пенополистирольные плиты, в отличие от минераловатных, относятся к **горючим** материалам (группы горючести Г1-Г4). Это накладывает определённые ограничения на их ПРИМЕНЕНИЕ В СИСТЕМАХ УТЕПЛЕНИЯ.

При утеплении зданий пенополистиролом следует устанавливать горизонтальные противопожарные рассечки, а по всем сторонам оконных и дверных проёмов делать окантовки из минераловатных плит.

- **Пенополистирол имеет очень низкую паропроницаемость и создаёт большое сопротивление пароводяной диффузии. Это создаёт предпосылки для увеличения в стене здания содержания паров воды.**
- **Для грамотного выбора типа утеплителя необходимо учесть принцип ступенчатой паропроницаемости определяемый расчетом: каждый последующий слой многослойной стеновой ограждающей конструкции в направлении теплового потока должен быть не менее паропроницаем, чем предыдущий**

По паропроницаемости и пожаробезопасности минераловатная плита является, безусловно, выигрышным материалом.

Однако есть показатель, по которому первенство в качестве утеплителя остаётся за пенополистиролом. Это экономичность (в 1,5 раза дешевле минваты).

- Исследования по долговечности пенополистирола в Республике Беларусь не проводились.**

Кладка блоков на клею



Промазка горизонтальных и вертикальных плоскостей блоков клеящим составом:



Кладка блоков с использованием “карманов” для рук





Энергоемкость строительных материалов

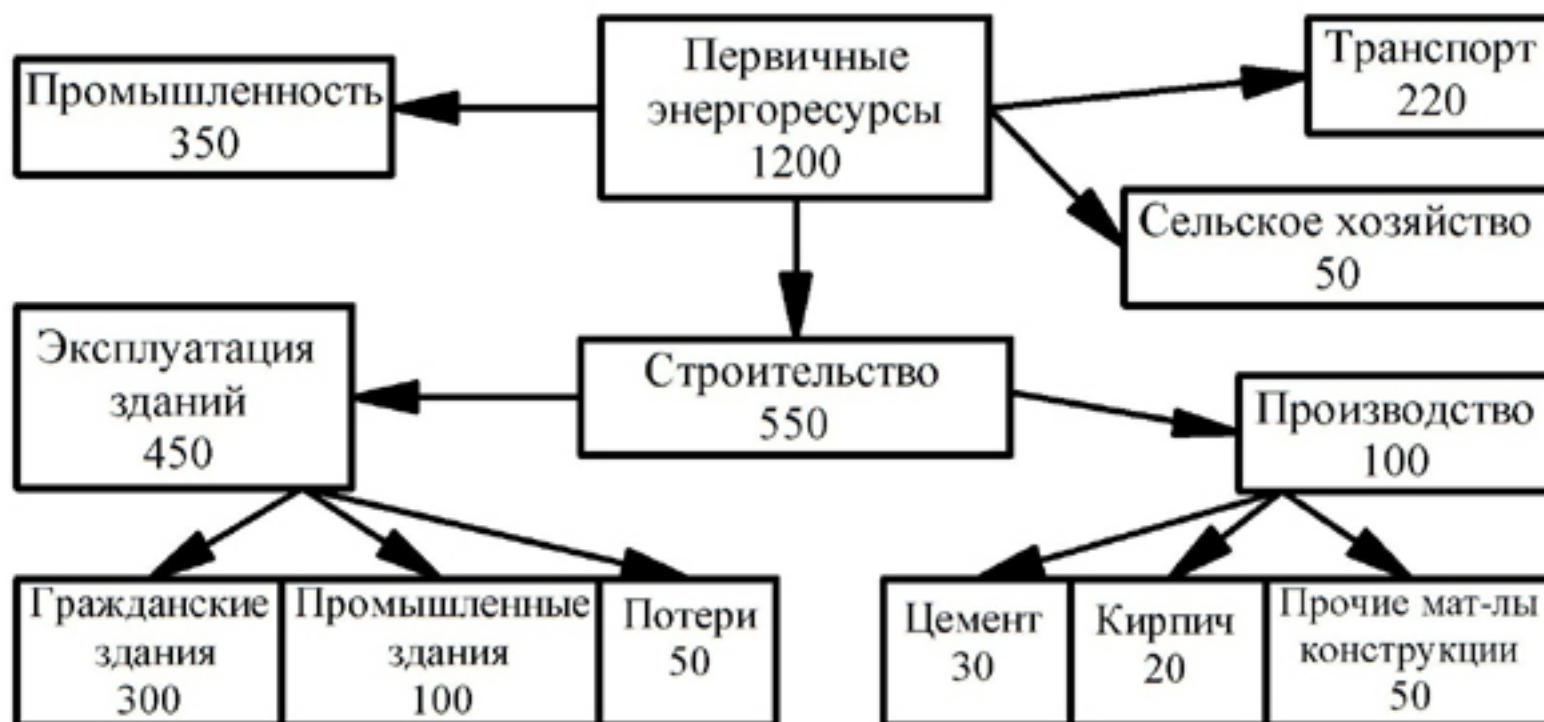
Критерием оптимальности принятых проектных решений, в том числе и по выбору строительных материалов, совместно с критериями экологической безопасности, должны служить **совокупные удельные энергозатраты на строительство здания, его эксплуатацию (отопление, ремонт и др.) за весь расчетный срок службы этого здания и дальнейшую утилизацию.**

Необходимо дополнить действующие стандарты на строительные материалы и конструкции данными (по принадлежности) **об их полной энергоемкости, что позволит проектировщику сделать обоснованный выбор самого энергоэффективного материала для самого энергоэффективного и экологически чистого дома.** Мы должны знать полную энергоемкость всего дома, чтобы дать оценку ее влияния на вредные выбросы в атмосферу. Для решения этого важного вопроса в нормы (проектную документацию) **ввести показатель энергозатрат на один метр квадратный сданного дома с учетом предстоящих ремонтов.**

По экспертным данным суммарные энергозатраты ТОЛЬКО на весь процесс строительства составляют - 0,46 т. у. т. или $0,460 * 7000 : 860 = 3774 \text{ кВт.ч/м}^2$

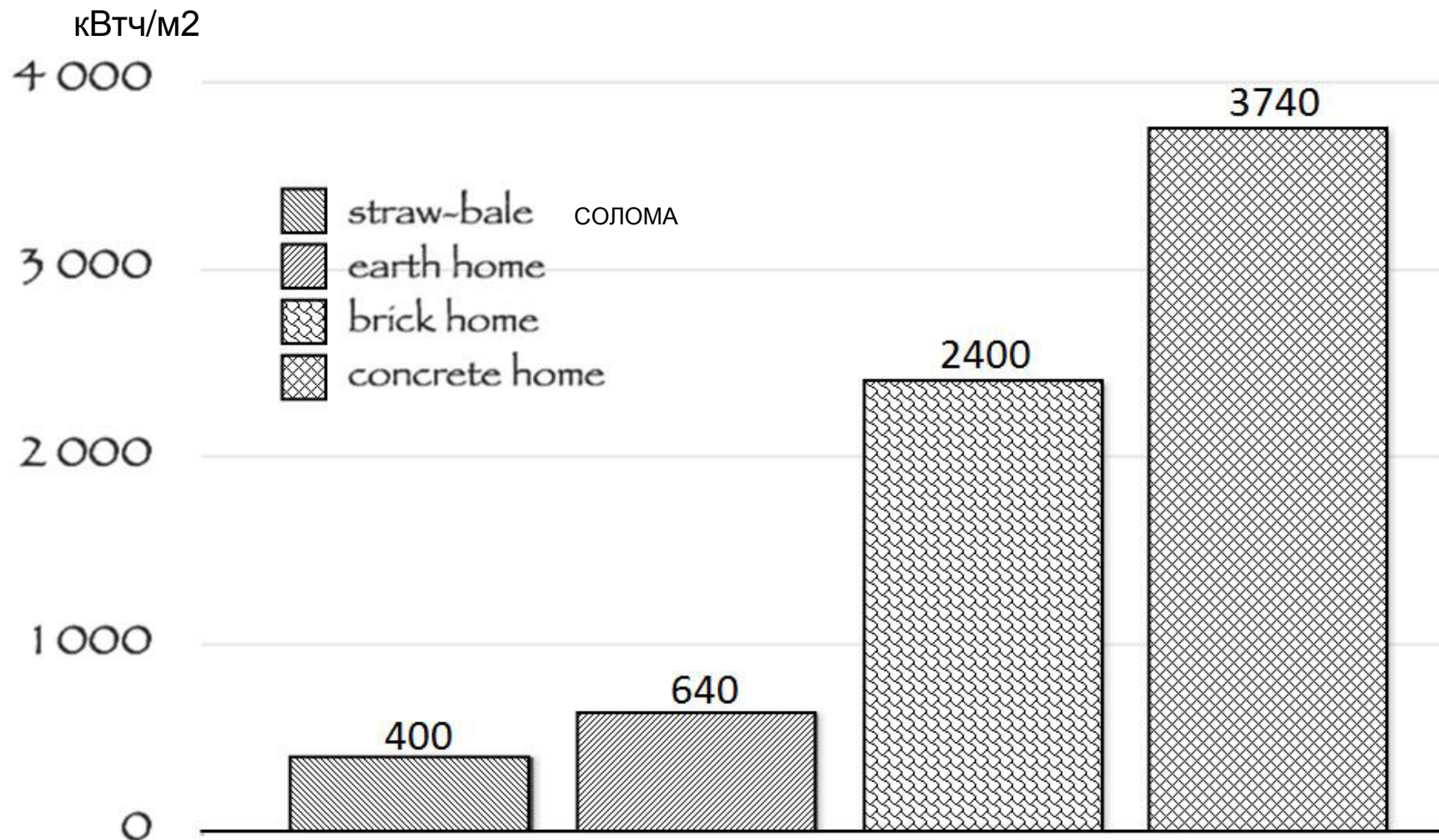
Справка. *Натуральные природные строительные материалы обладают наименьшей энергоемкостью производства.*

Энергоемкость в строительстве в России (млн. тонн усл. топлива)

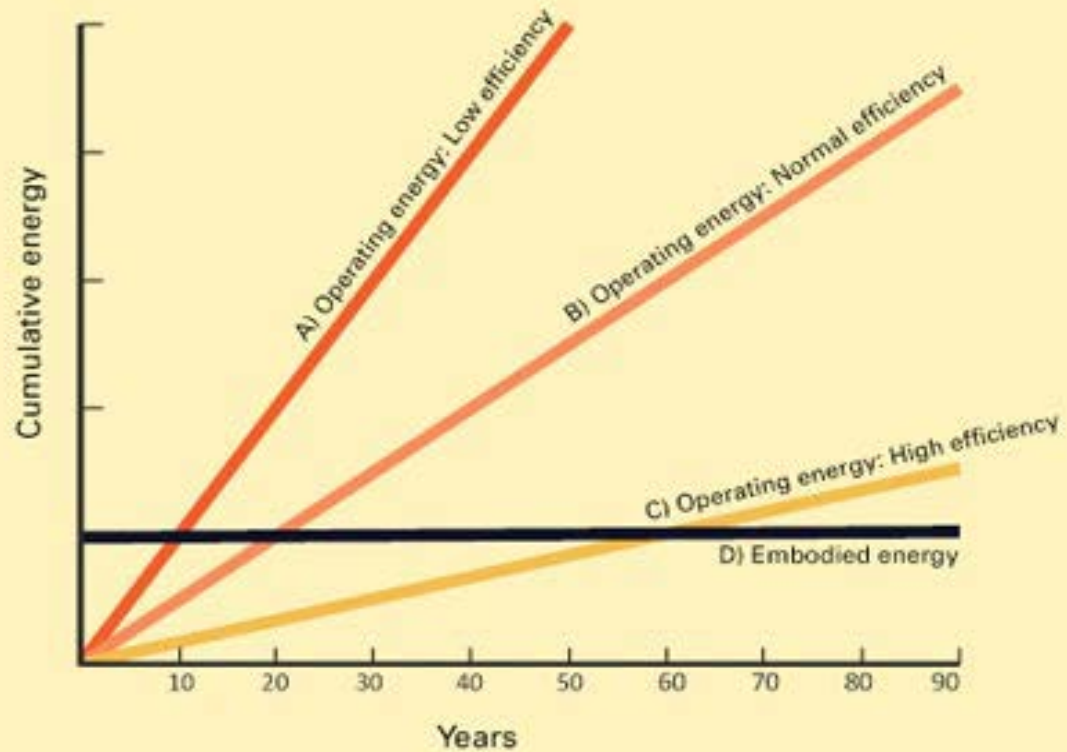


Примерно такое же соотношение цифр и в Республике Беларусь

Энергоемкость м2 дома из разных материалов

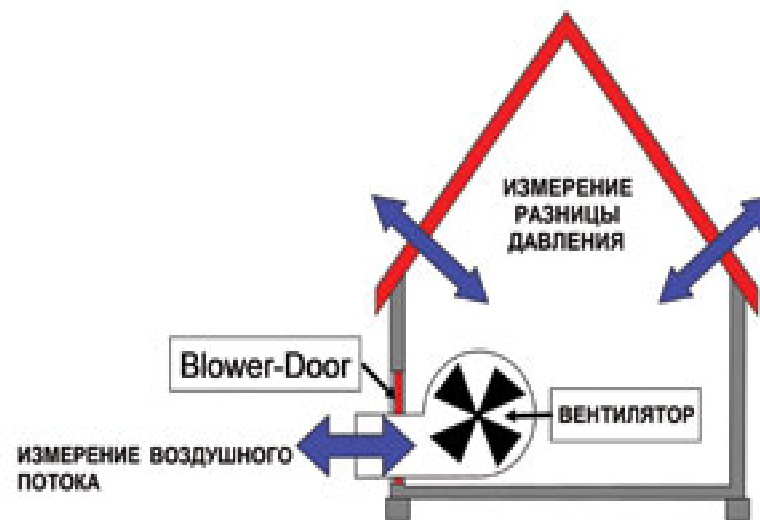
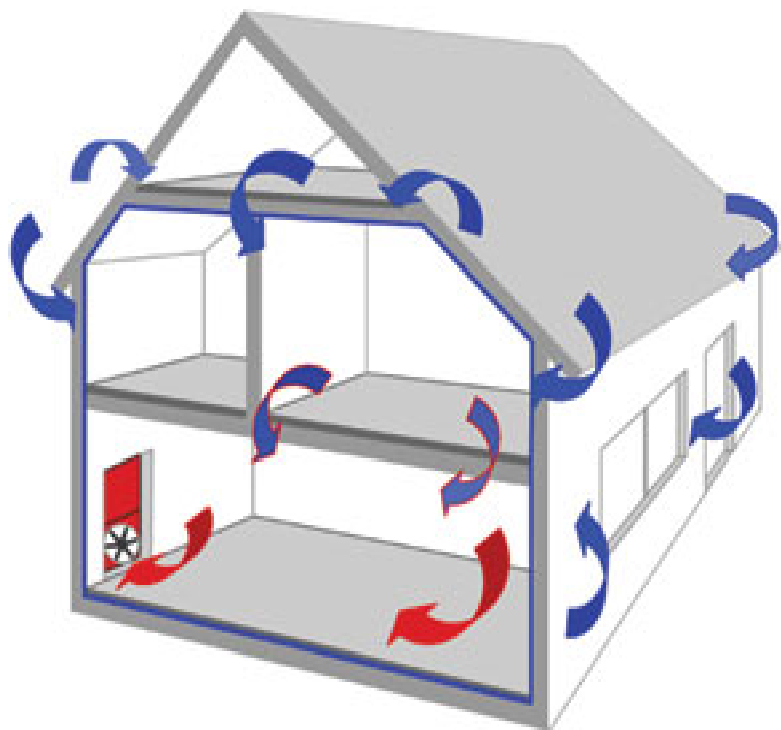


Energy use in buildings: The changing relationship between embodied and operating energy consumption over time



- **Воздухопроницаемость** – свойство ограждения пропускать воздух.
- **Инфильтрация** - перемещение воздуха через ограждения из окружающей среды в помещение вследствие ветрового и теплового напоров , формирующих перепад давления воздуха снаружи и внутри помещения.
- **Кратность воздухообмена замкнутого объема при разности давлений в 50 Па:** отношение объемного расхода воздуха к внутреннему объему в единицу времени при разности давлений между испытываемым объемом и наружной средой в 50 Па, выражаемое в часах в минус первой степени (ч^{-1}).

- **Проверка герметичности производится методом создания разницы давлений, при котором с помощью вентилятора, смонтированного в дверях или в окне дома, в здании создается «мини-вакуум» в 50 Па. При этом через дефекты изолирующего слоя воздушные потоки устремятся внутрь. В идеале эту проверку следует производить до установки внутренней обшивки. В этом случае все негерметичные места и щели можно будет уплотнить сразу же во время проверки. Отсутствие и наличие дефектов документируется в ходе формальной приемки. На проведение такой проверки требуется несколько часов в зависимости от размеров здания и сложности его формы.**



Спасибо за внимание.