

**Методы расчета наружного слоя из  
кирпичной кладки с гибкими  
связями с учетом температурно-  
влажностных воздействий**

**М.К.Ищук**

**M. Ishchuk**

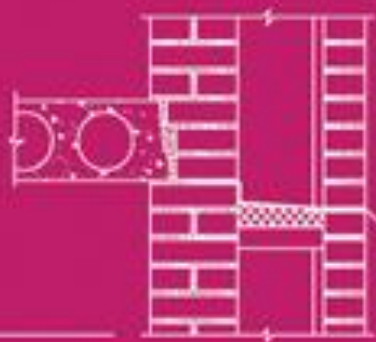
**Stress-strain analyses of brick veneer**

# Ошибки повторяются

- Ошибки приводят ко все большим запретам

Ищук М.К.

Отечественный опыт  
возведения зданий  
с наружными  
стенами  
из облегченной  
кладки



**M. Ishchuk**

**External multy-leaf walls**

**По вопросам  
приобретения  
монографии  
обращаться по тел.  
8-926-535-20-32  
8-499-174-79-96  
8-499-174-79-83**

# Пример наружной двухслойной стены с внутренним слоем из крупноформатных керамических камней и облицовкой кирпичом

## Example cross-section through double-leaf wall

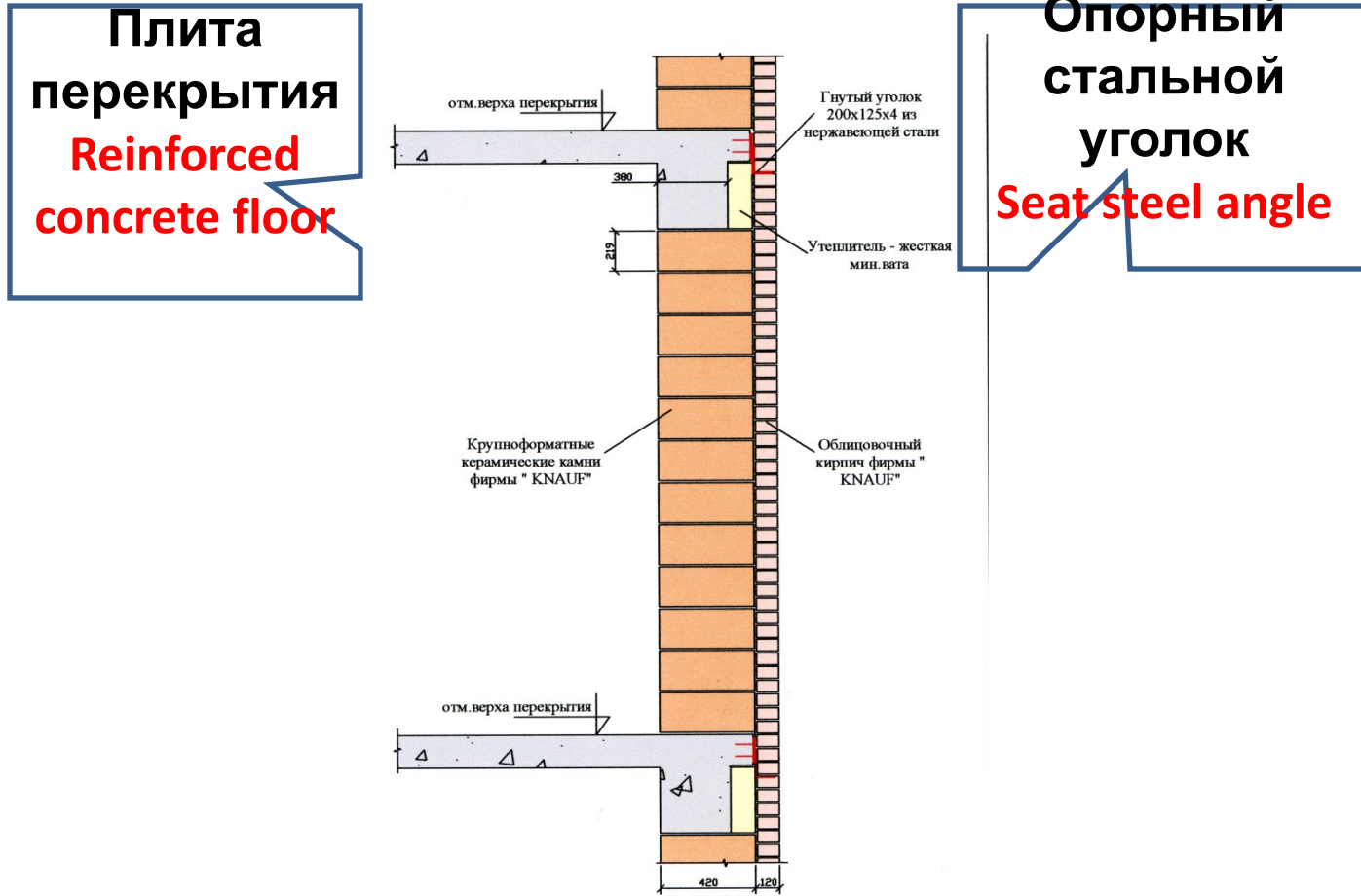
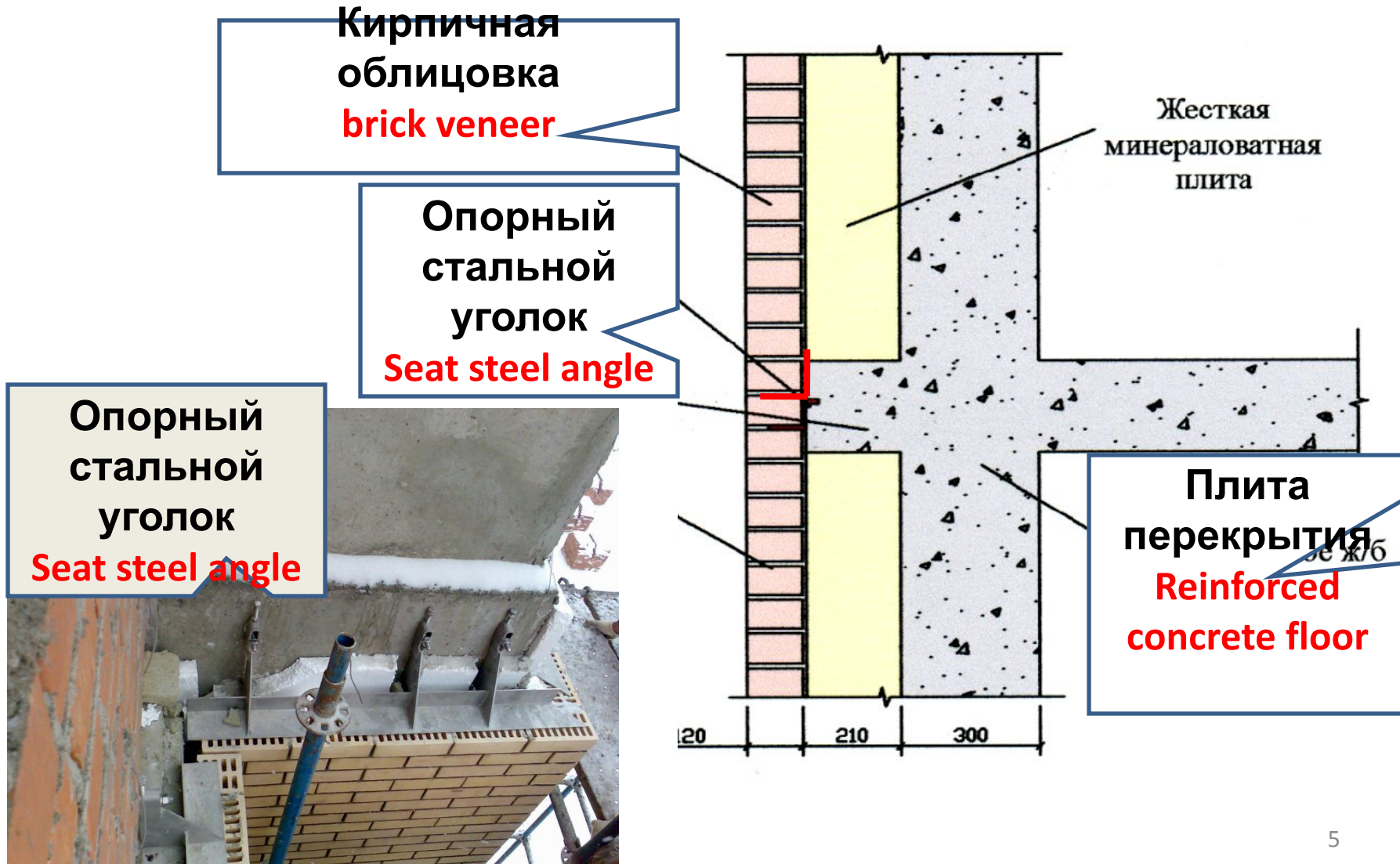


Рис. 2.3.8.В. Вертикальный разрез по наружной стене с внутренним слоем из крупноформатных керамических камней фирмы "KNAUF".

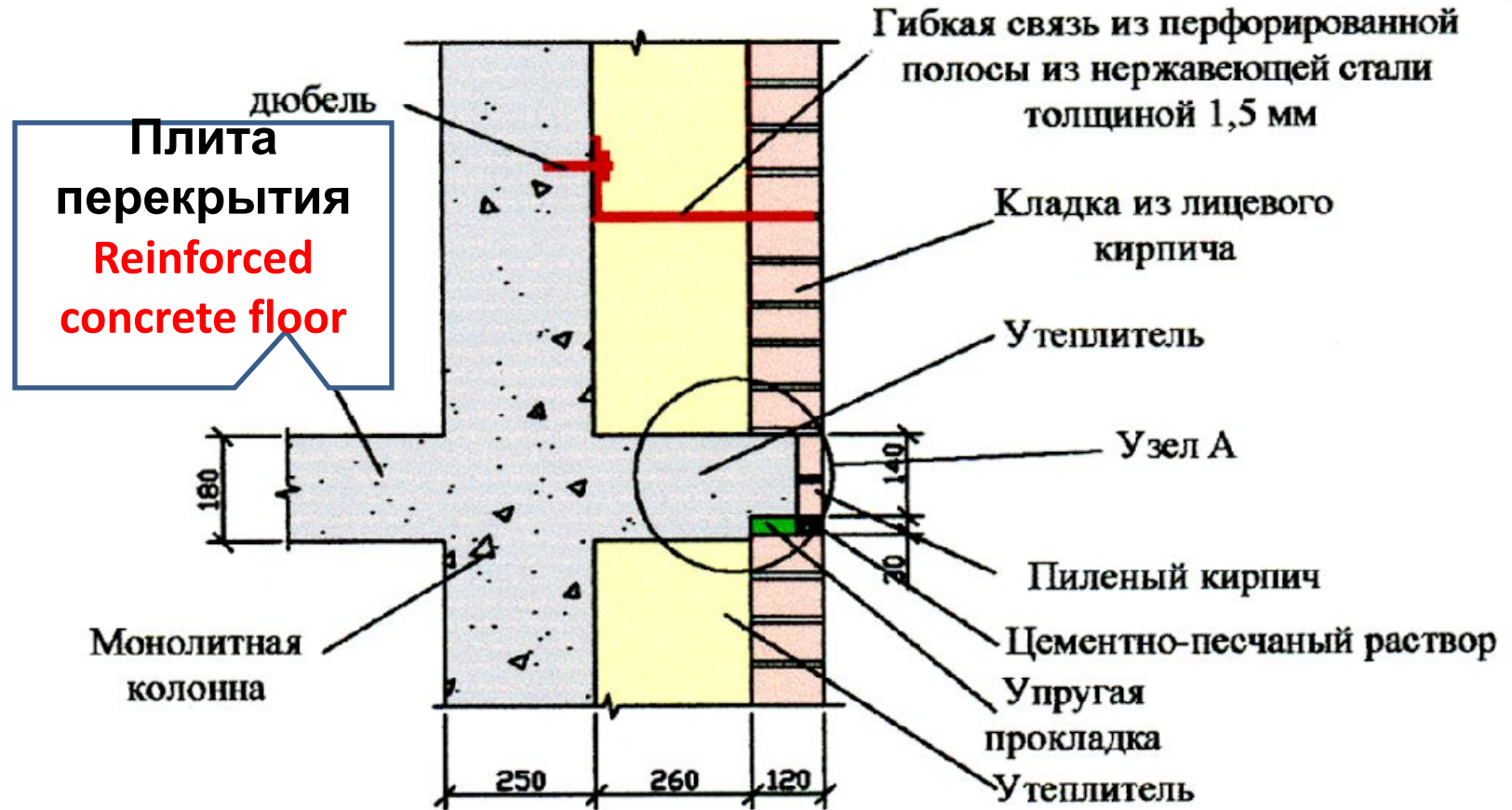
# Пример трехслойной наружной стены с опиранием лицевого слоя на стальной уголок

## Example cross-section through a brick veneer wall



## лицевого слоя на перекрытие

### Example cross-section through a brick veneer wall







## 1-ый тип разрушения (1-st type of cracks)

vertical shortening due to creep or shrinkage of the structural frame and vertical temperature movement of brick veneer may impose high stresses on the brick veneer

# Ул. Молодогвардейская



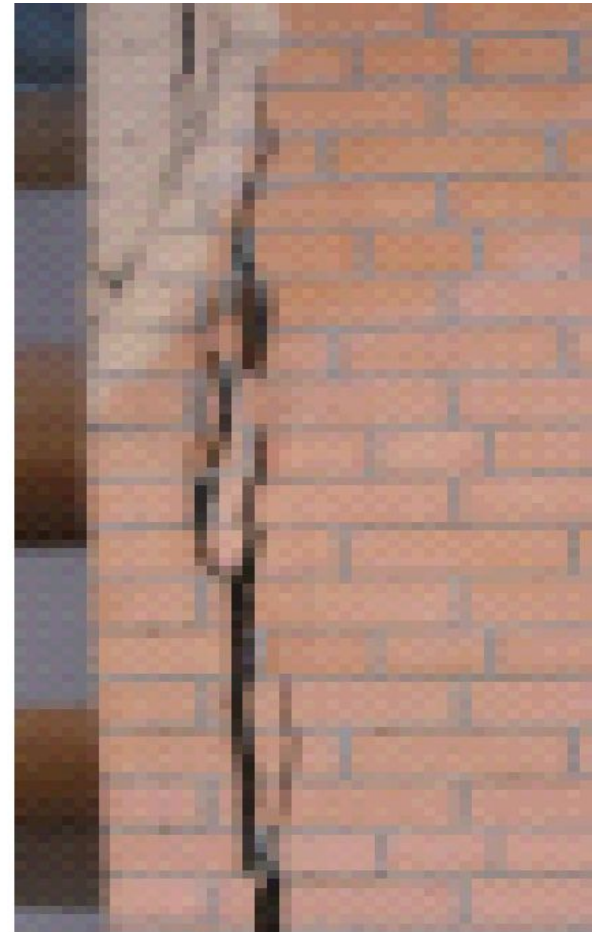
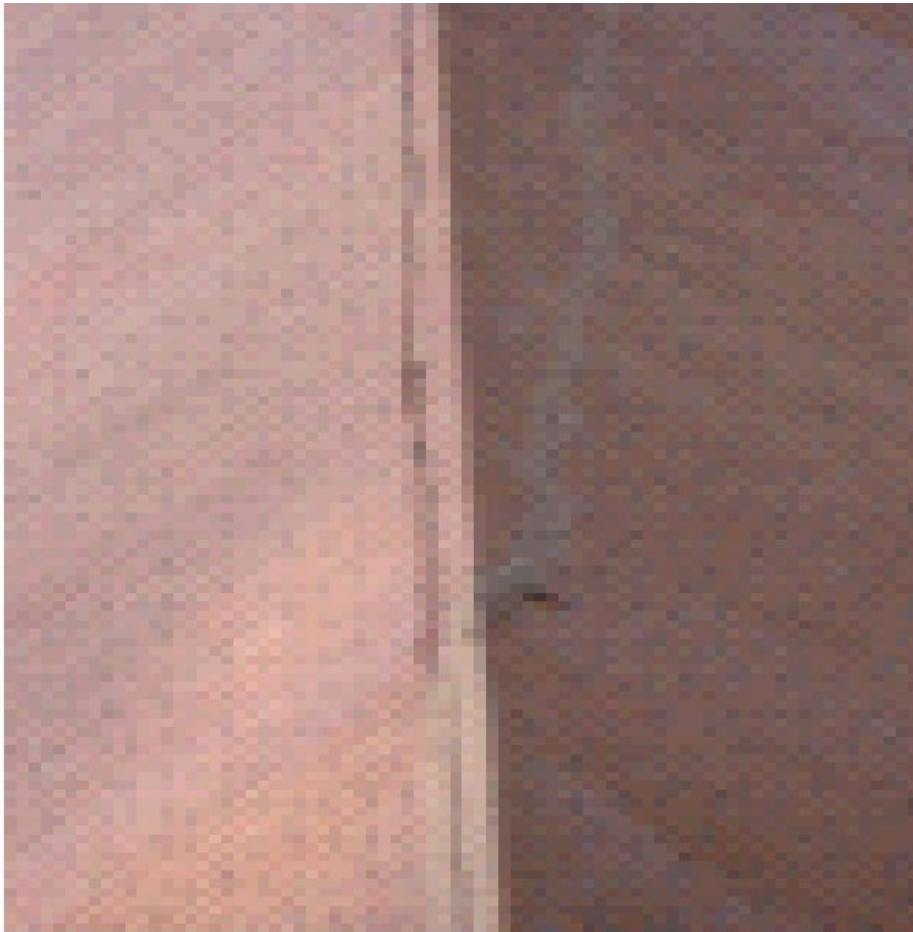


Усиление опорного уголка. Ул. Молодогвардейская, 1999г.



**2-ой тип разрушения – на  
углах**

**2-nd type of cracks - at Corner**





# Берлин



## Вертикальный деформационный шов. Берлин





# Смешанный тип разрушения

1-st and 2-nd types of cracks





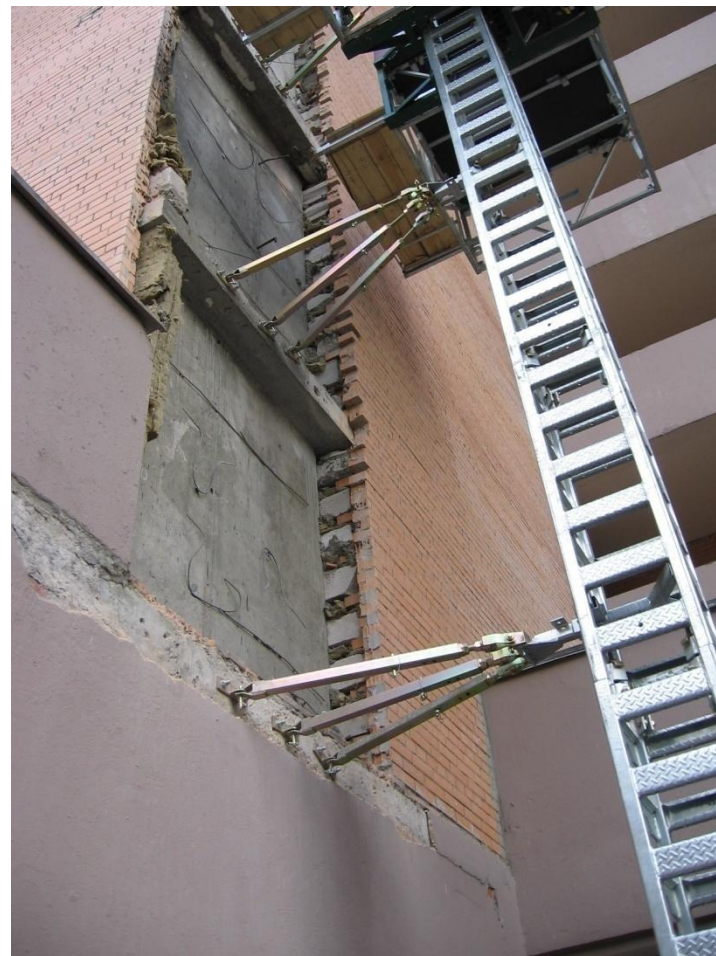
# Обрушение наружного кирпичного слоя

## Collapse of brick veneere

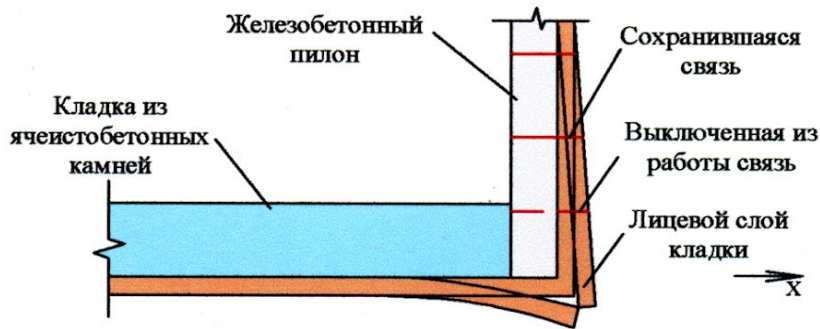


# Ремонт облицовки

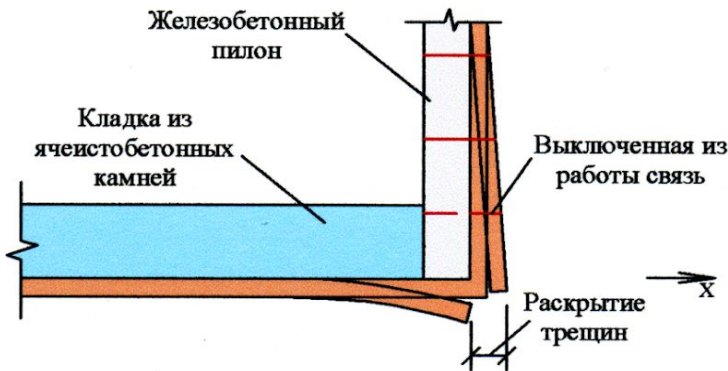
## Repair of brick veneer



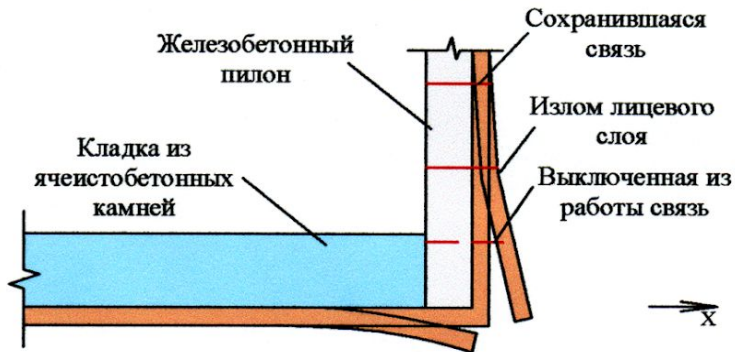




СТАДИЯ 1. Выключение из работы горизонтальных гибких связей в теплое время года.



СТАДИЯ 2. Образование вертикальных трещин в лицевом слое в месте пересечения стен в холодное время года.



СТАДИЯ 3. Продольный изгиб и потеря устойчивости отслоившегося лицевого слоя.

**1-я стадия – выключение из работы связей на углу в теплое время, образование вертикальной трещины**  
**initial stage – rupture ties near the corner at summer, vertical crack**

**2-я стадия – развитие вертикальной трещины в холодное время**  
**2-nd stage – expansion of vertical crack at winter**

**3-я стадия – потеря устойчивости**  
**final stage – failure**



**Кирпичная облицовка перпендикулярных стен расширяется летом в сторону угла, вызывая изгиб из плоскости и появление вертикальных трещин на углу, обычно по первому вертикальному растворному шву**  
**Perpendicular brick veneer will expand in the direction of the corner causing rotation and cracking near the corner. This typically occurs at the first head joint from either side of the corner**

**Было установлено, что на деформации кирпичной облицовки большое влияние оказывают плиты перекрытий. Плиты перекрытий препятствуют свободным температурным деформациям кирпичной облицовки вследствие различия в коэффициентах температурного расширения и различной температуре наружного воздуха и внутри помещения**

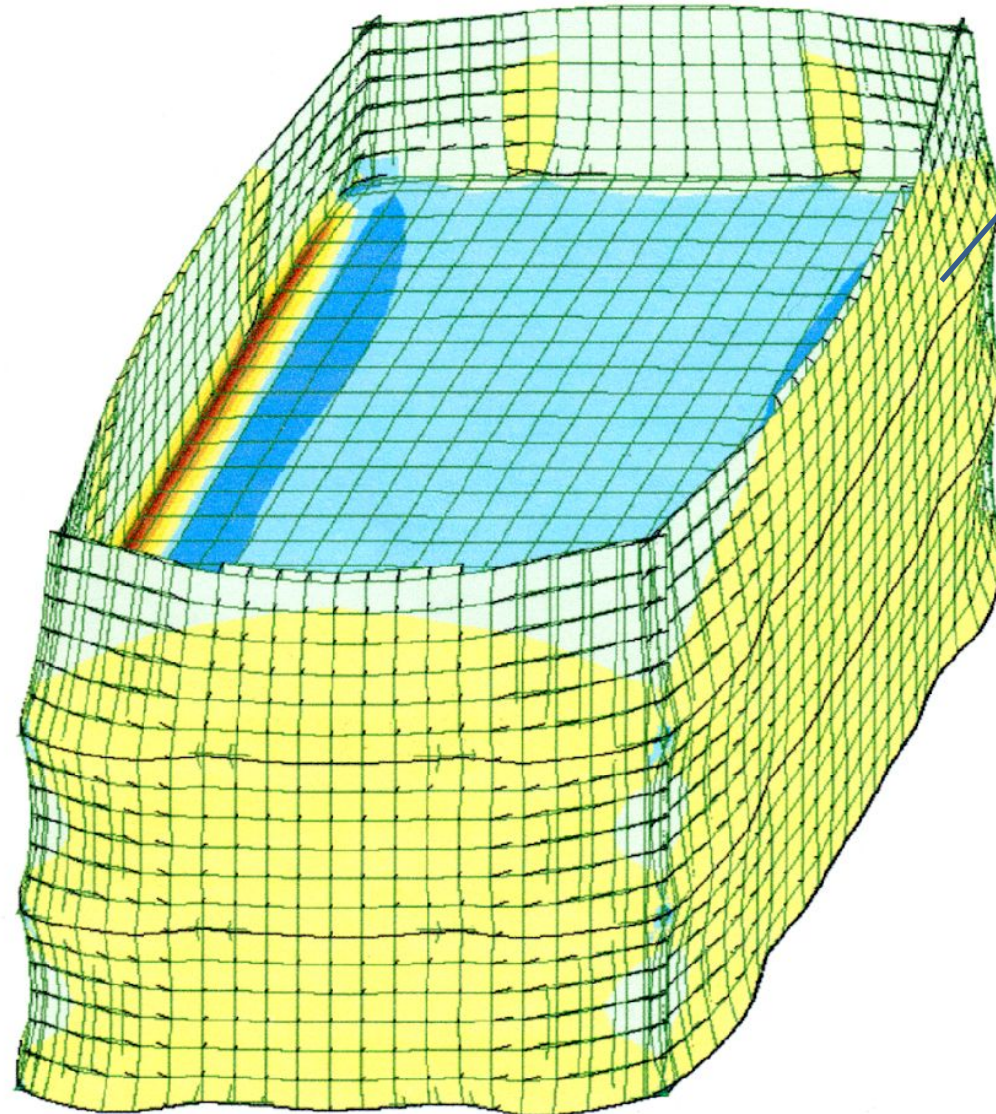
**Reinforced concrete floor and brick veneer expand and contract with variations in temperature**

# Температурные деформации кирпичной облицовки и железобетонных плит перекрытий

## Temperature strains in brick veneer and concrete floors

-25 °C

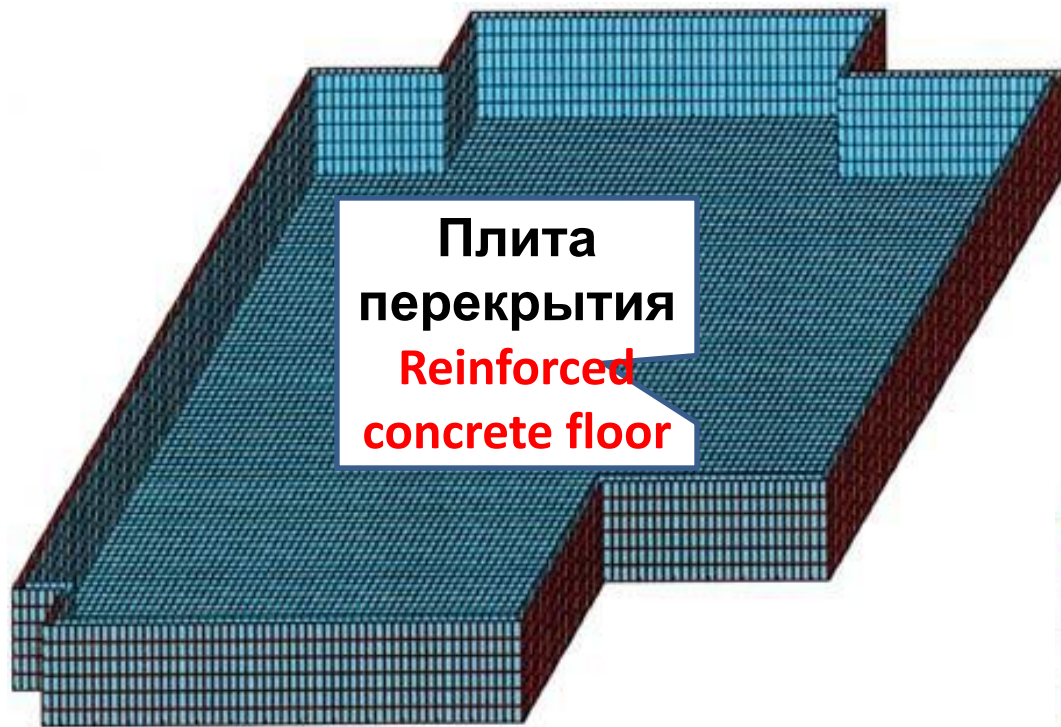
$$\alpha_t = 0,000005$$



+20 °C

$$\alpha_t = 0,00001$$

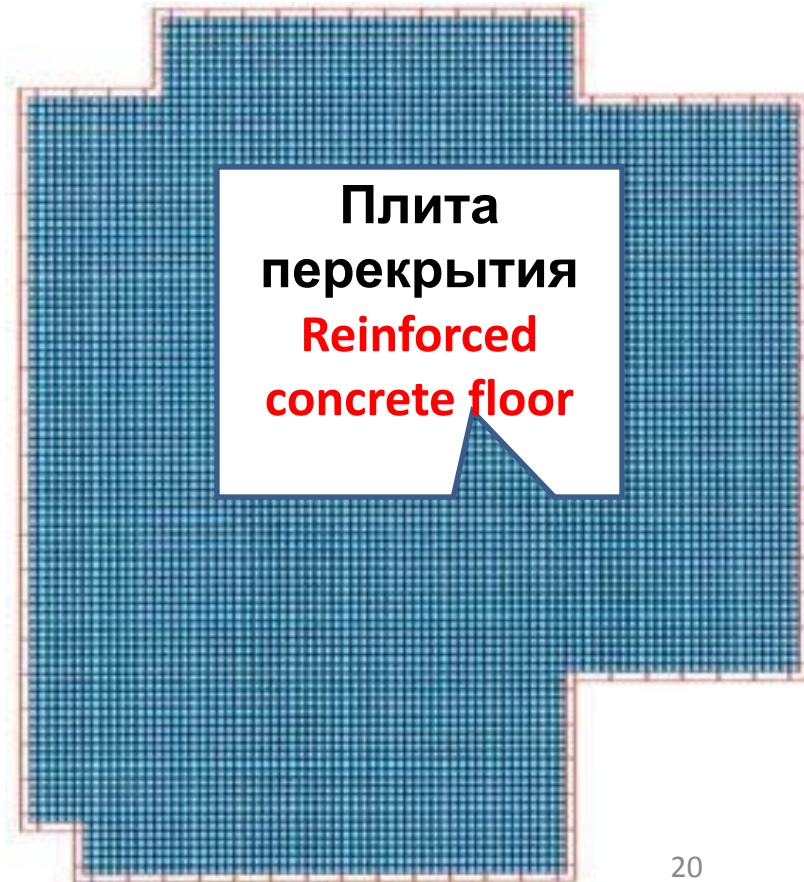




Плита  
перекрытия  
Reinforced  
concrete floor

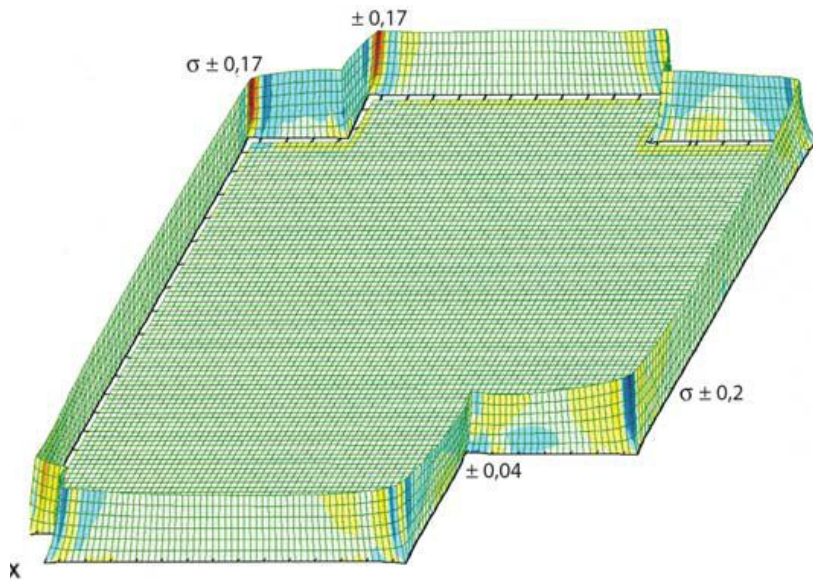
Кирпичная облицовка  
+связи+ внутренний слой  
из ячеисто-бетонных  
камней  
Brick veneer+ties+block  
masonry

Конечно-  
элементная  
модель  
Finite element  
model

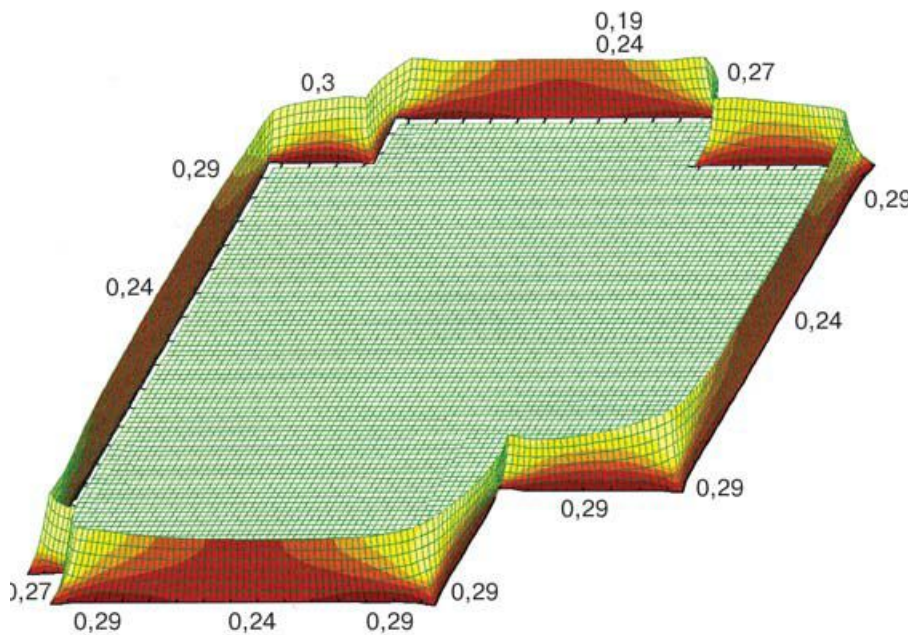


Плита  
перекрытия  
Reinforced  
concrete floor

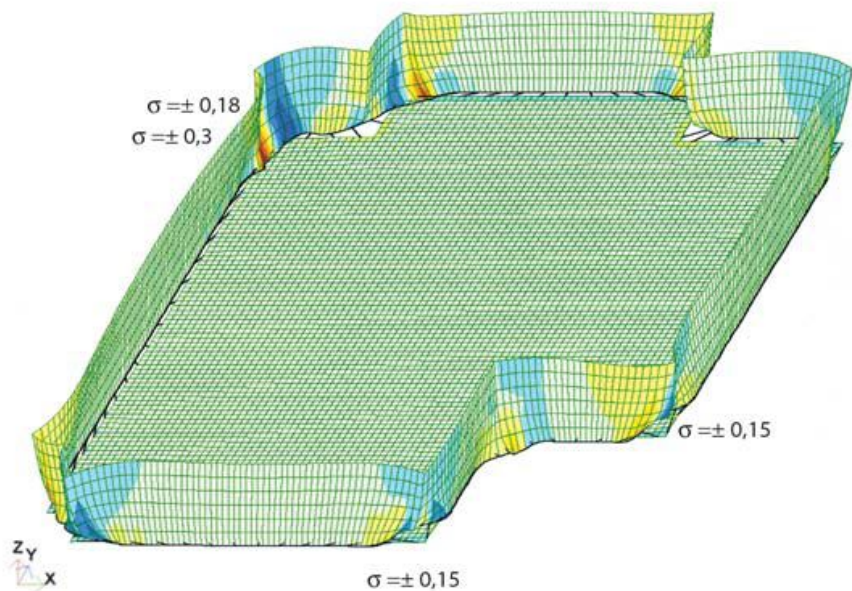




Горизонтальные напряжения в зимнее время:  
 а) Осевые (без учета напряжений от изгиба из плоскости);  
 б) от изгиба из плоскости



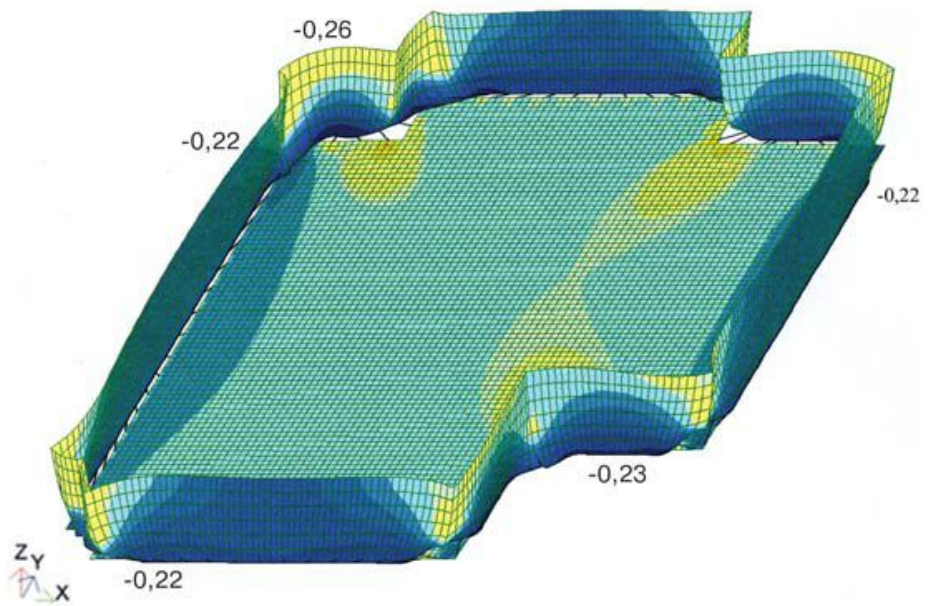
Horizontal temperature stresses at winter  
 а) axial stresses  
 б) bending stresses



## Горизонтальные напряжения

в летнее время:

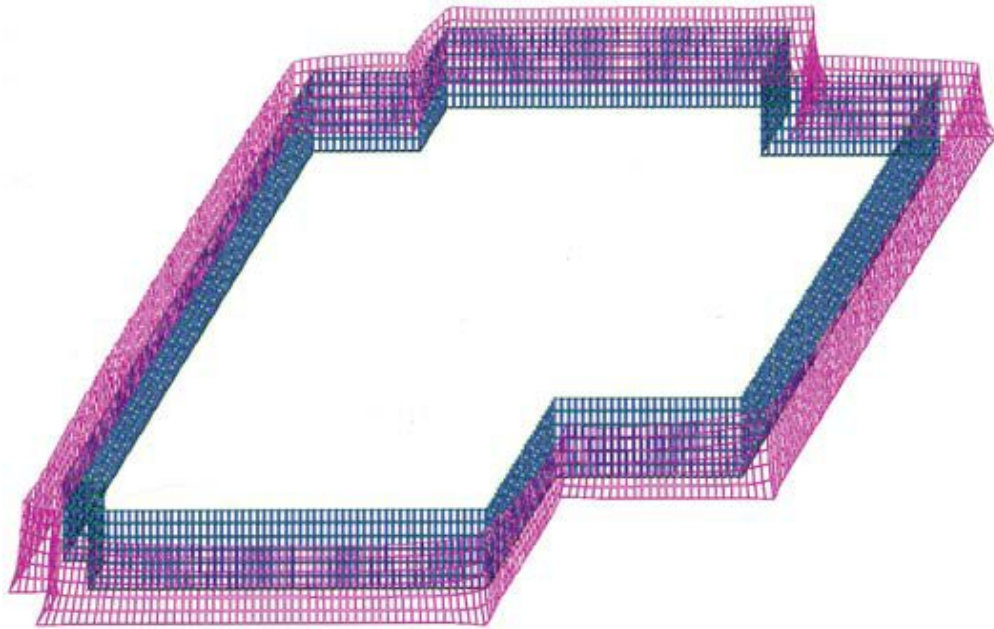
- a) осевые (без учета напряжений от изгиба из плоскости);
- b) от изгиба из плоскости



## Horizontal temperature stresses at summer

- a) axial compressive stresses
- b) bending stresses

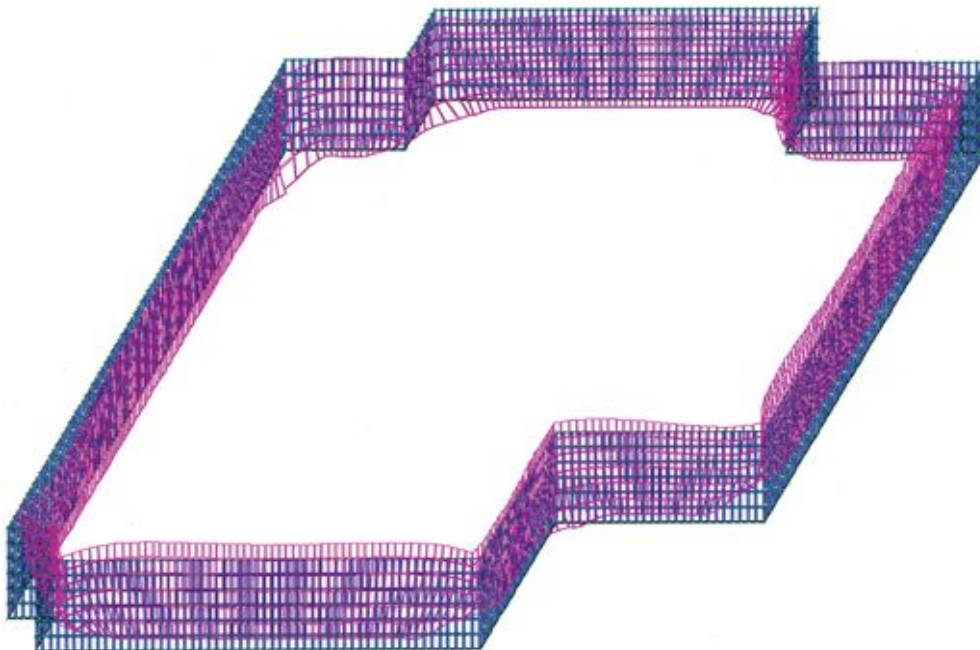


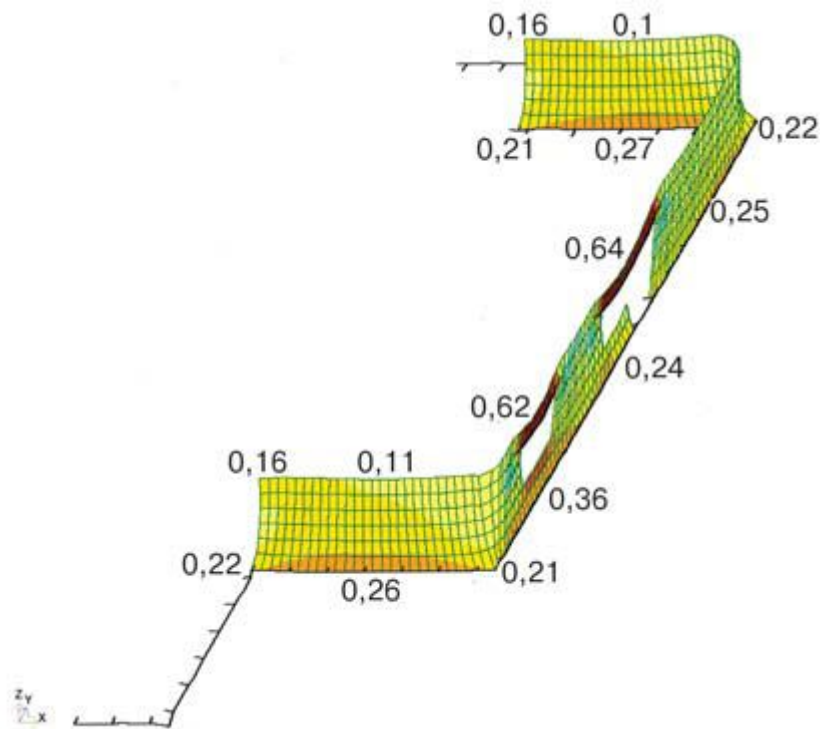


**Деформации  
(перемещения)  
кирпичной облицовки:  
а) в летнее время  
б) в зимнее время:**

**Strains (moving) of brick  
veneer**

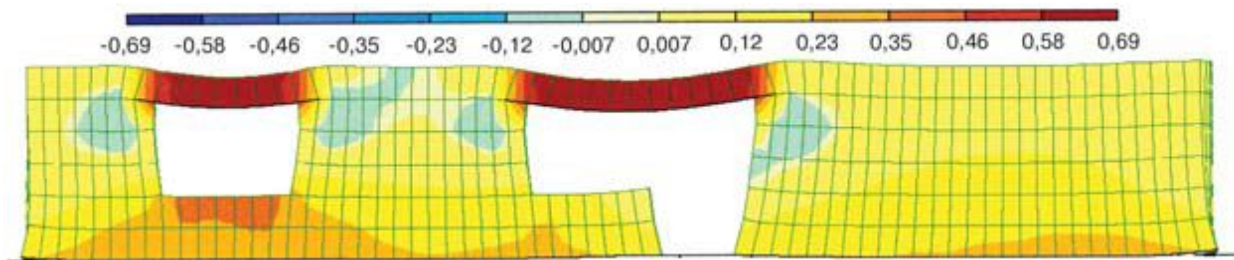
**а) at summer  
б) at winter**



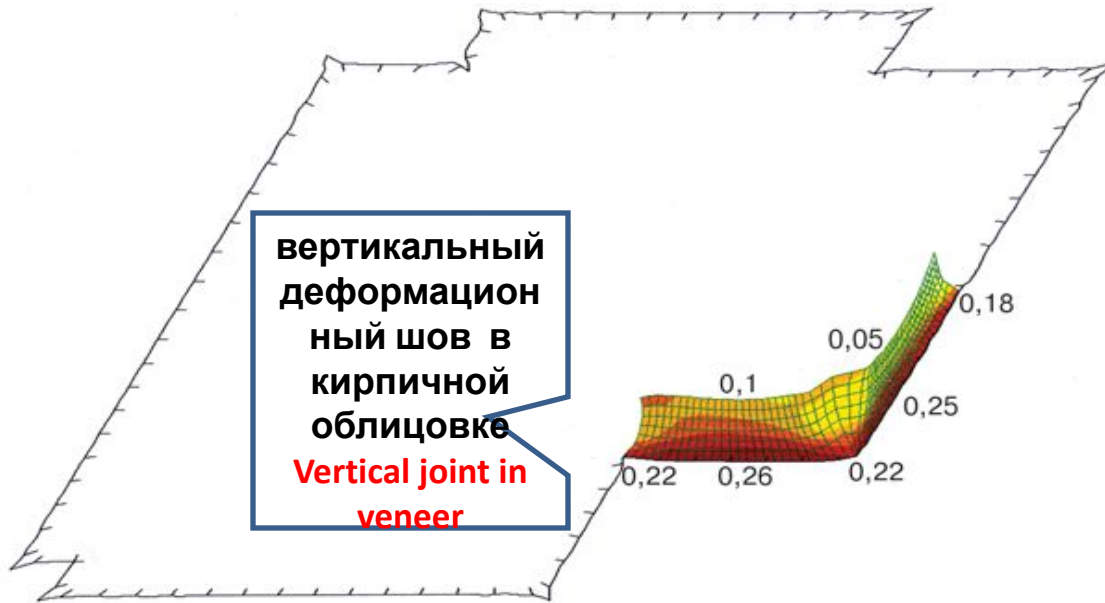


Горизонтальные  
напряжения  
в зимнее время:  
а) без учета напряжений  
от изгиба из плоскости;  
б) от изгиба из плоскости

Horizontal temperature stresses at  
winter without bending stresses



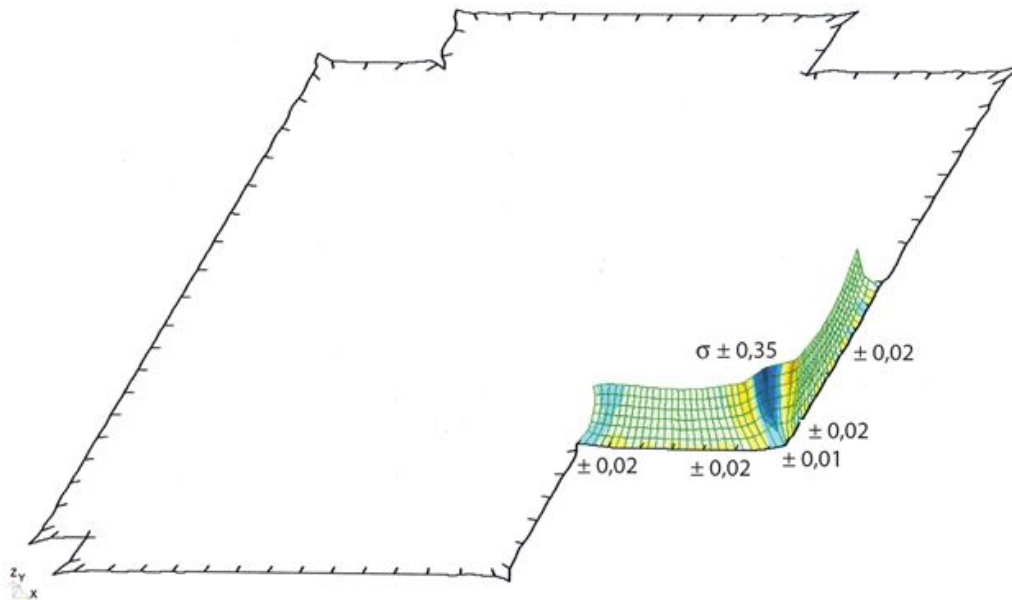




Горизонтальные напряжения в зимнее время:

а) без учета напряжений от изгиба из плоскости;

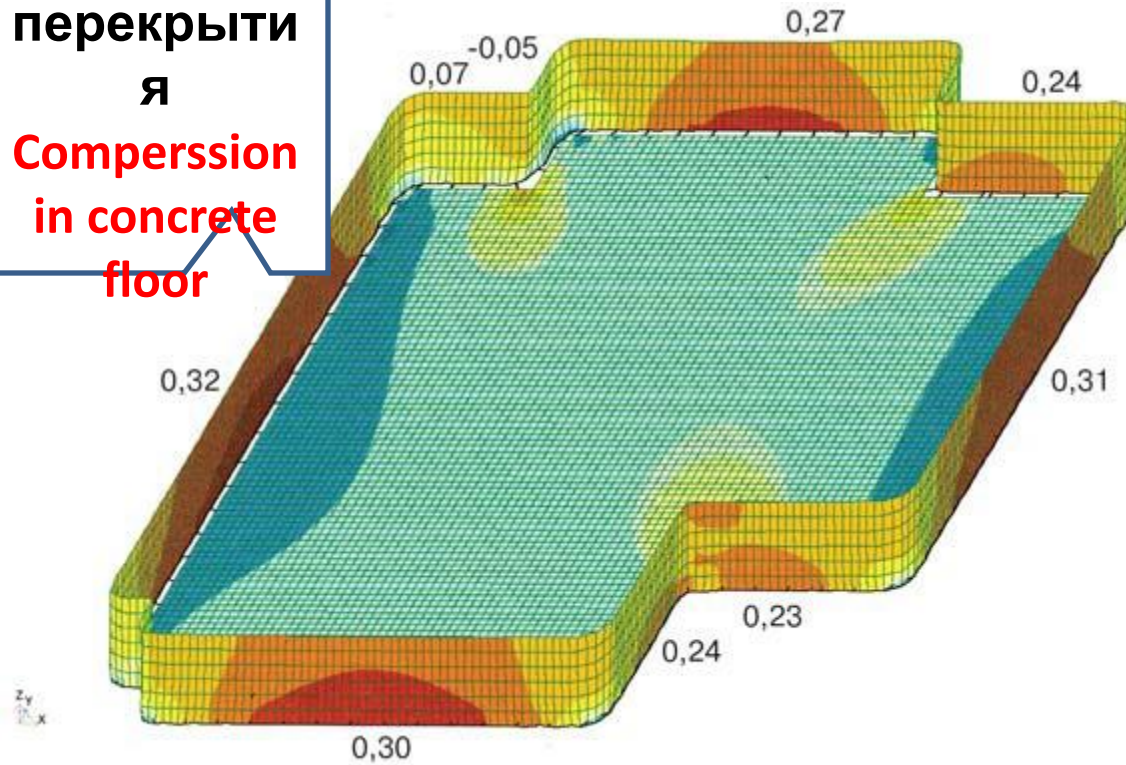
б) от изгиба из плоскости



Horizontal tension temperature stresses at winter without bending stresses

Сжатие в  
плите  
перекрытия

Compression  
in concrete  
floor



Горизонтальные  
осевые напряжения  
в зимнее время (без  
учета напряжений  
от изгиба из  
плоскости).

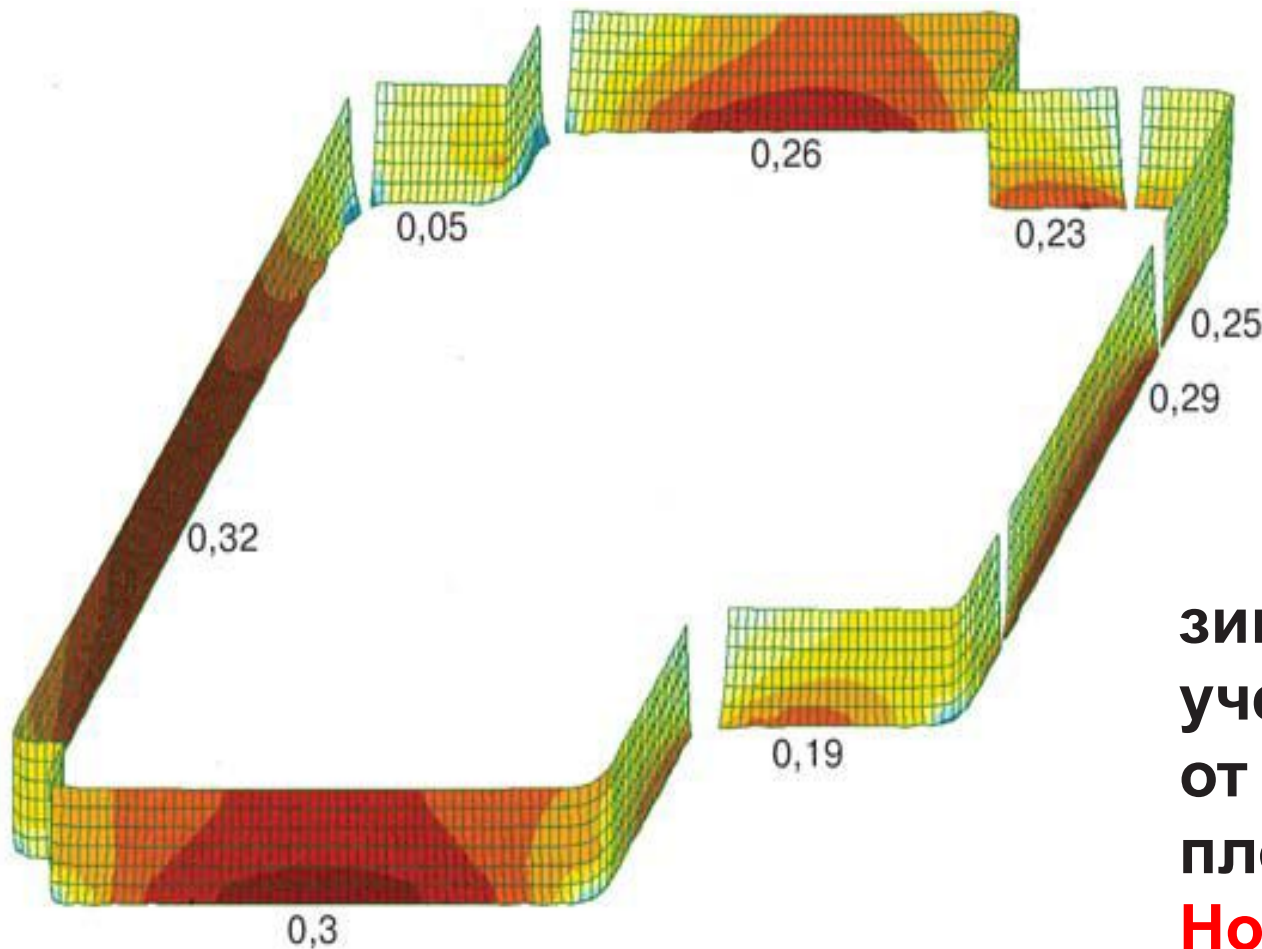
Horizontal tension  
temperature axial  
stresses at winter  
(without bending  
stresses).

Период возведения  
облицовки (замыкания  
конструкции) - осень.

The building season -  
autumn

Растяжение в  
кирпичной  
облицовке

Tension in  
veneer



Вертикальный деформационный шов  
(Vertical movement joint)

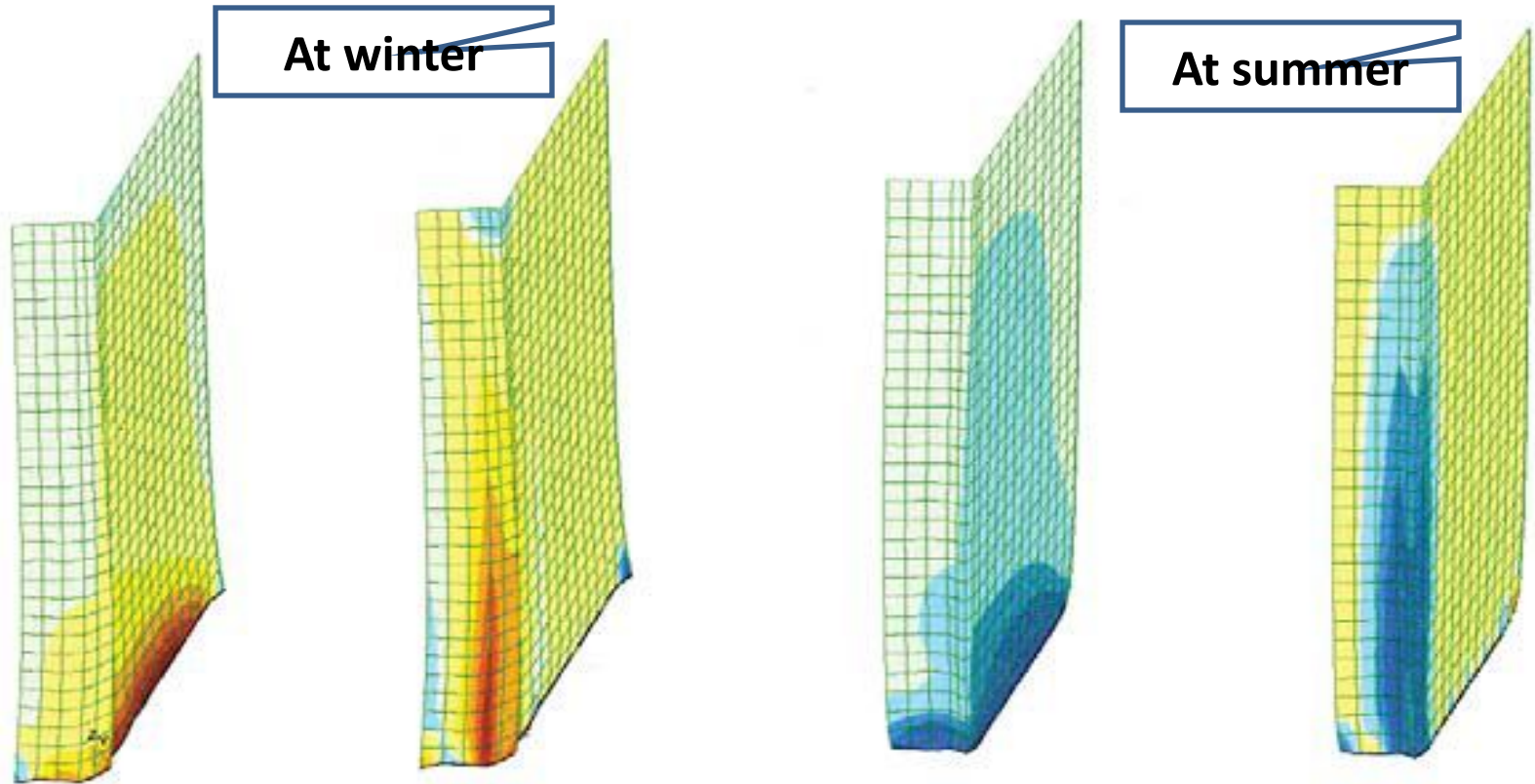
Горизонтальные осевые напряжения в зимнее время (без учета напряжений от изгиба из плоскости)

Horizontal axial tension temperature stresses at winter (without bending stresses)



**Многоэтажный фрагмент без горизонтальных деформационных швов с вертикальными швами**

**Multystory wall without horizontal movement joint with vertical movement joints**

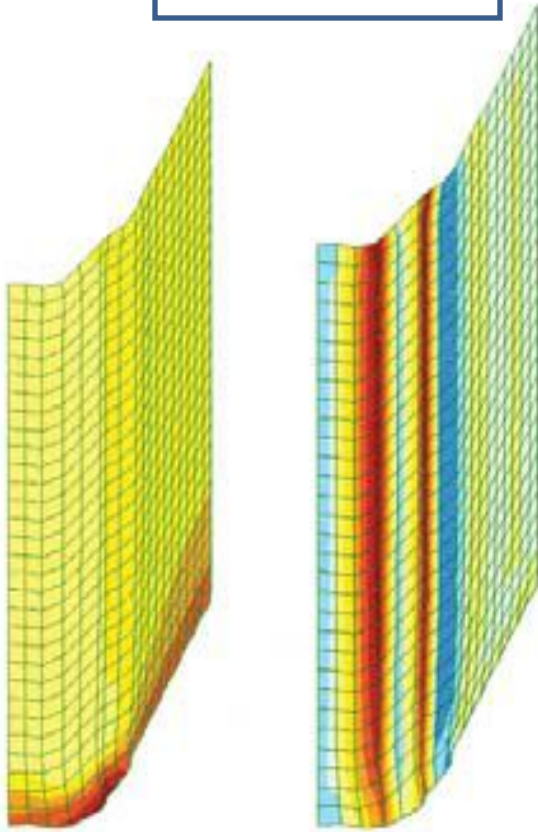


**Вертикальный деформационный шов**  
**(Vertical movement joint)**

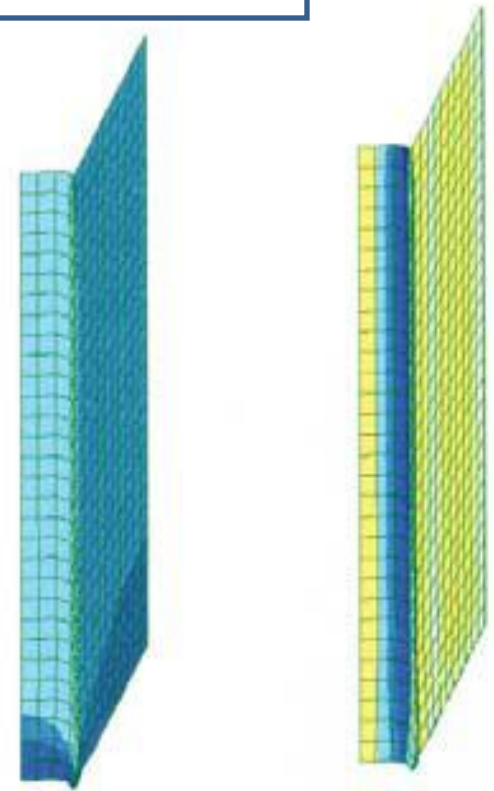
**Многоэтажный фрагмент без горизонтальных и вертикальных деформационных швов**

**Multystory wall without horizontal and vertical movement joints**

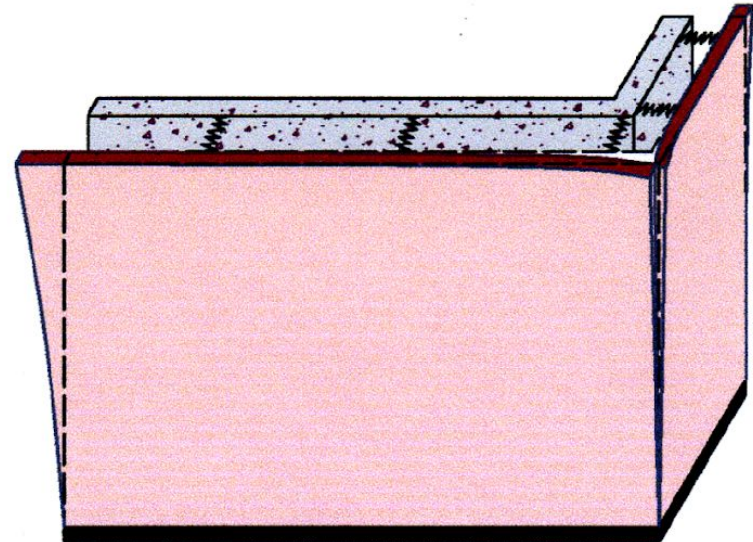
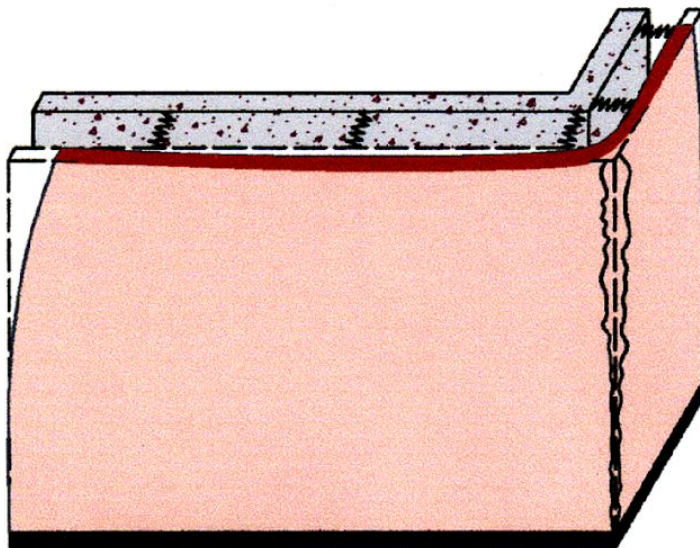
At winter



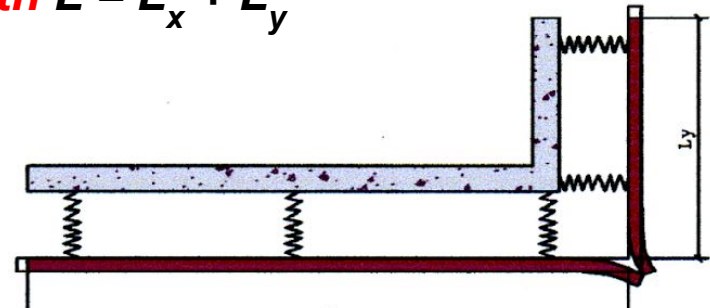
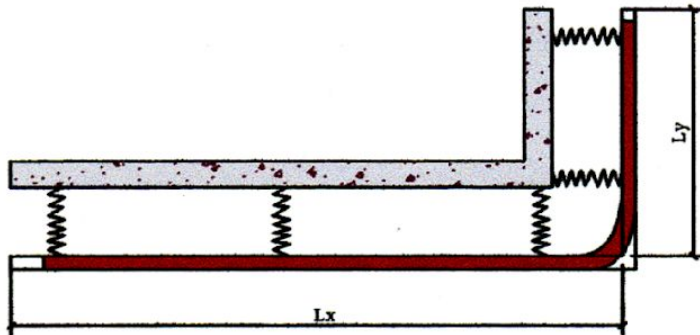
At summer



Температурные деформации кирпичной облицовки: а) в зимнее время; б) в летнее время  
Strains of brick veneer: a) at winter; b) at summer



Расчетная длина **calculated Length**  $L = L_x + L_y$

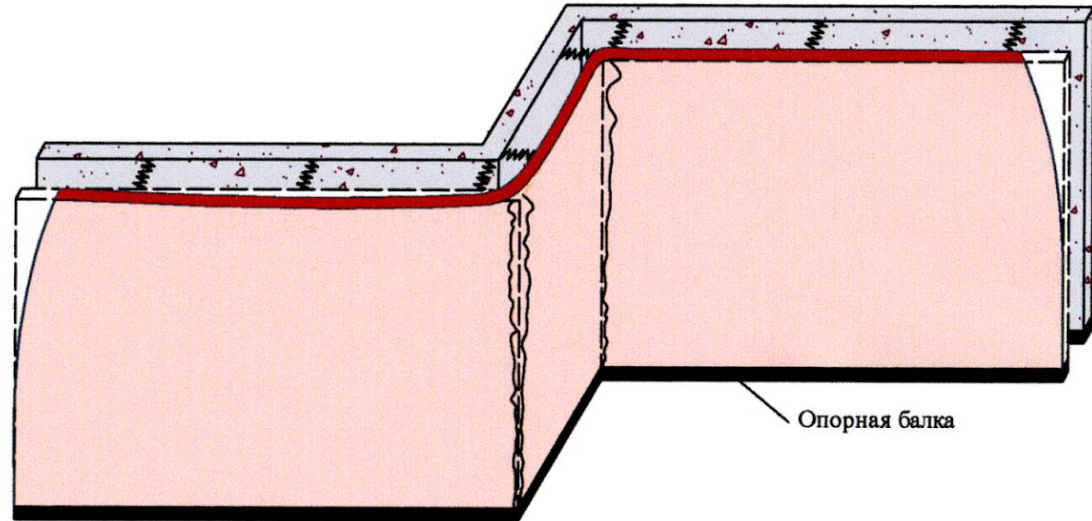




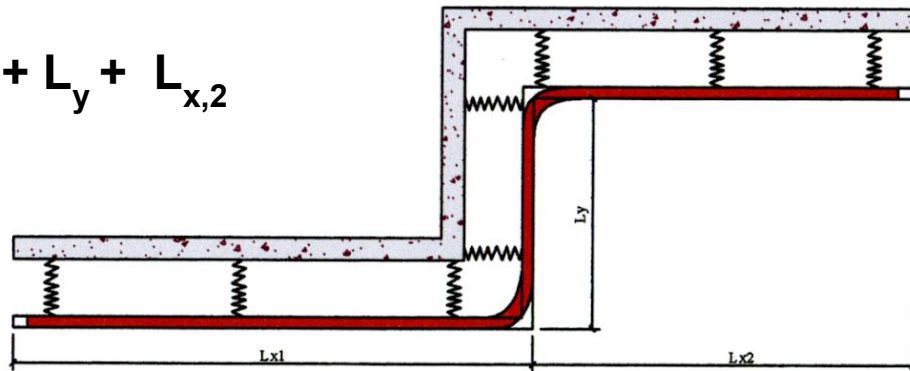
# Температурные деформации лицевого слоя

## Strains of brick veneer at winter

When parallel walls expand towards the offset, the movement produces rotation of the offset causing

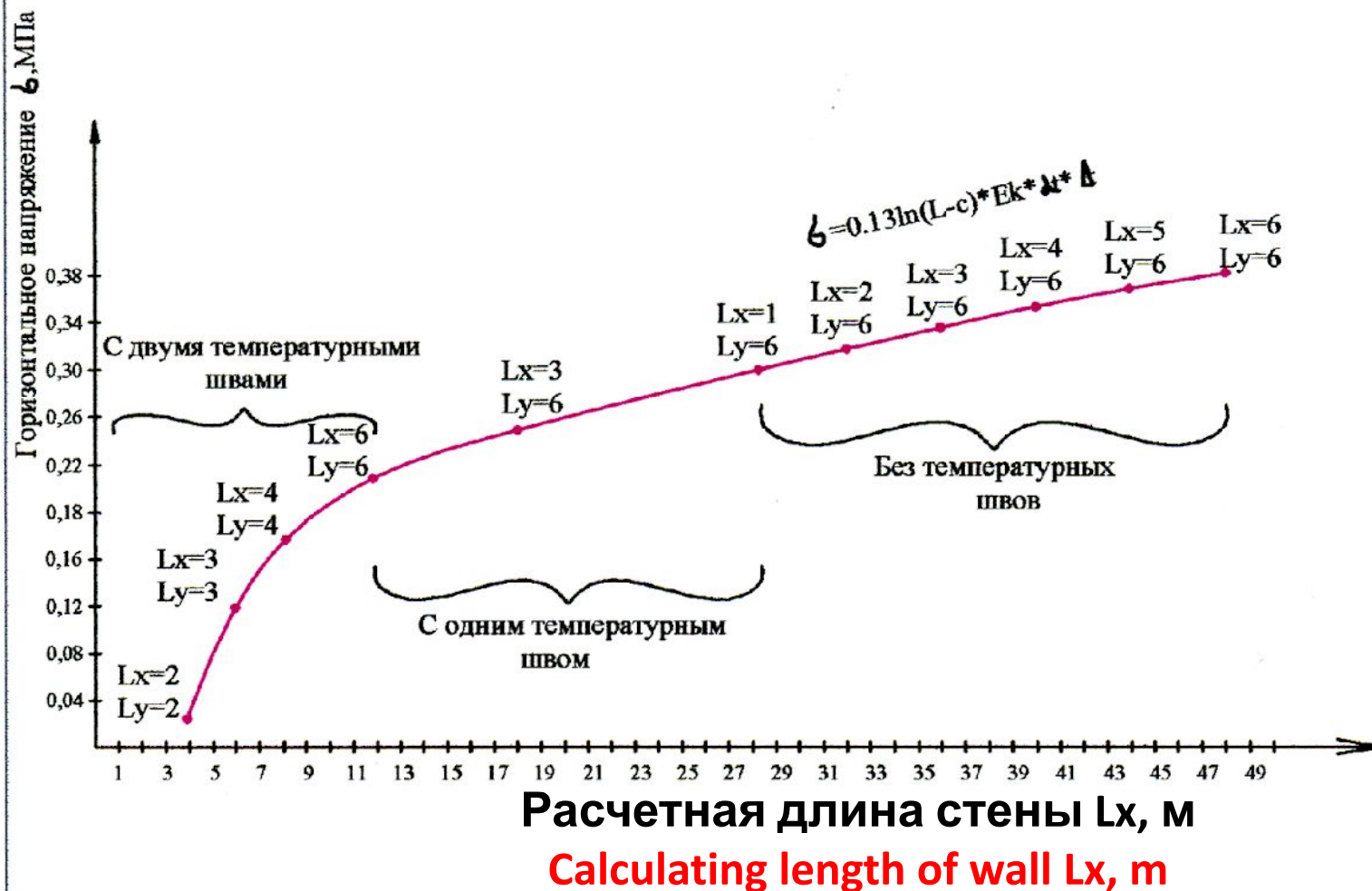


Расчетная длина  
calculated Length  $L = L_{x,1} + L_y + L_{x,2}$



# Максимальные значения горизонтальных напряжений в облицовке

## Maximum horizontal tension temperature stresses in brick veneer



# Расчетная длина стены $L_x$ ,

**M**

## Calculating length of wall $L_x$ , m

для **L** - образных фрагментов с двумя температурными швами:

$$L = L_x + L_y$$

для **П** - образных фрагментов и **Z** - образных фрагментов с двумя температурными швами:

$$L = L_{x,1} + L_y + L_{x,2}$$



# Горизонтальные температурные напряжения в кирпичной облицовке

## Horizontal tension temperature stresses in brick veneer

$$\sigma = (0,67 + 0,0088L)E_k \alpha_t \Delta t \quad [\text{MPa}]$$

$E_k$  - модуль деформаций кладки **modulus of elasticity**

$\alpha_t$  - коэффициент линейного расширения кладки  
**coefficient of thermal expansion;**

$\Delta_t$  - расчётный перепад температур  
**variations of temperature**

L - расчетная длина стены, м  
**calculating length of wall, m**

# Прочность кладки на растяжение

## Strength of brick veneer

$$f_t A_{nt} \geq m_1 N;$$

- для армированной кладки (*reinforcement masonry*):

$$\gamma_{cs} f_s A_s \geq m_1 N,$$

$f_t$  – расчётное сопротивление кладки растяжению по перевязанному сечению,;

$f_{st}$  – расчётное сопротивление продольной арматуры;

$A_{nt}$  – площадь вертикального сечения кладки по кирпичу нетто (за вычетом площади сечения вертикальных швов);

$A_s$  – площадь сечения продольной арматуры;

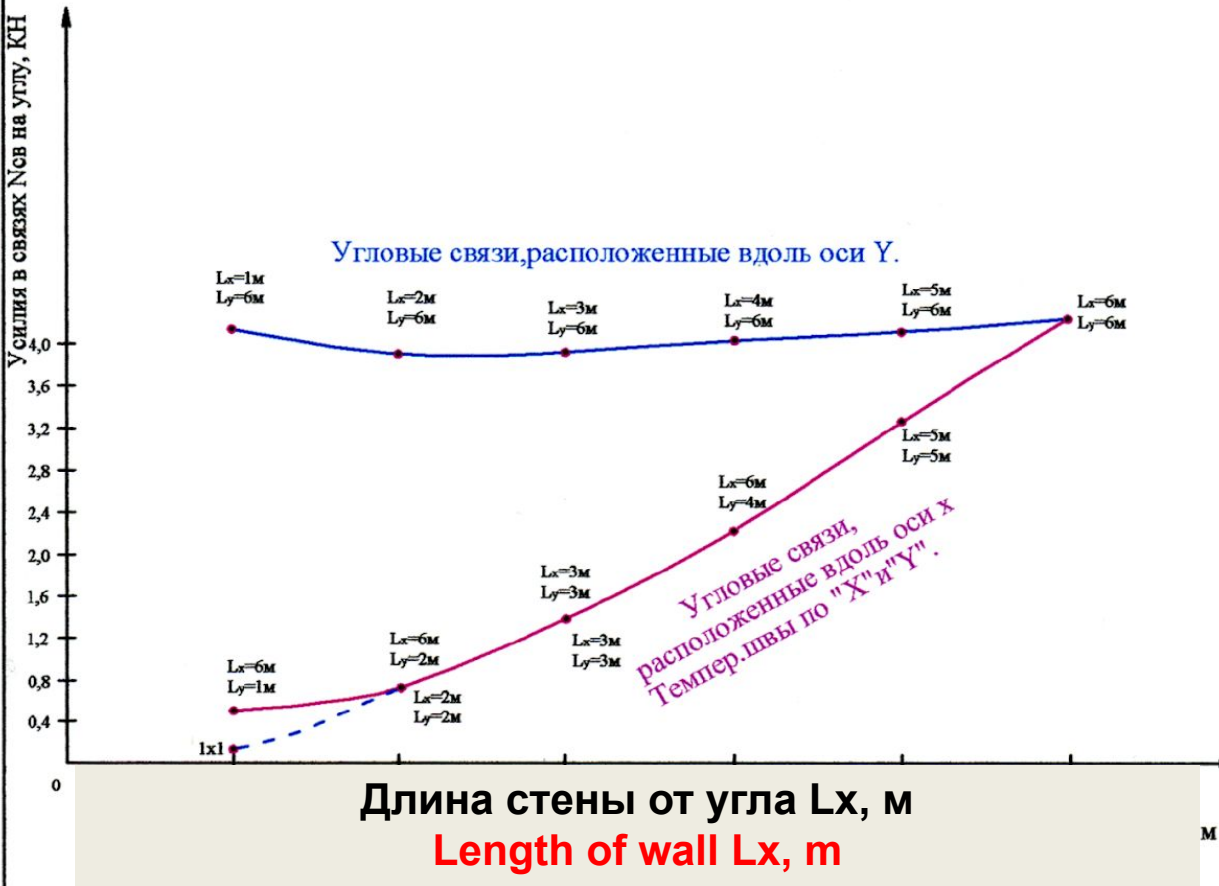
$\gamma_{cs}$  – коэффициент условий работы. При армировании сетками  $\gamma_{cs} = 0,75$ ;

$N$  – горизонтальное растягивающее усилие

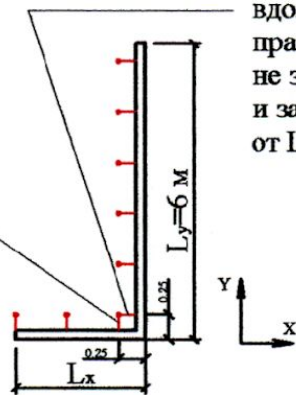
$m_1$  – коэффициент условий работы кладки лицевого слоя, принимаемый равным 1,0 при расстоянии между вертикальными температурными швами не более 3,5 м и 2,0 при большем значении.

# Максимальные значения усилий в угловых гибких связях

## Maximum tension forces in ties at corner



Усилие в связи, расположенной вдоль оси Y практически не зависит от  $L_x$  и зависят только от  $L_y$ .



Усилие в связи, расположенной вдоль оси X практически не зависит от  $L_y$  и зависят только от  $L_x$ .



**Максимальное растягивающее усилие в связи:**

**Maximum tension forces in ties at corner**

$$N = 2,21 [ a \ln(L - b) + c ] E_k \alpha_t \Delta t \text{ [KN] при } L > 8,5;$$

$$N = 1,65 [ d L^2 + e ] E_k \alpha_t \Delta t \text{ [KN], при } L \leq 8,5.$$

$$a = 0,73; b = 8; c = 3,3; d = 0,05; e = 0,15;$$

$\Delta t$  – расчетный перепад температур, °С.

$E_k$  - модуль деформаций кладки **modulus of elasticity**

$\alpha_t$  - коэффициент линейного расширения кладки  
**coefficient of thermal expansion**

$L$  – расчетная длина стены **Calculating length of wall**

$$m_1 m_2 F_t \geq N$$

$F_t$  -прочность связи на растяжение **Tensile resistance of tie**

$N$ - растягивающее усилие в связи **Tension load in tie**

$m_1$ -коэффициент условий работы кладки лицевого слоя, принимаемый равным 1,0 при расстоянии между горизонтальными температурными швами не более 3,5 м и 2,0 при большем значении.

$m_2$ -коэффициент условий работы связей, зависящий от неравномерности включения в работу отдельных связей, конструкции связи. При отсутствии данных принимается  $m_2 = 0.5$ .

## Ул. Старослобоская





## Трещины под перекрытием. Ленинский проспект



## Ремонт деформационных швов





Петрозаводская, 2007 г.





Петрозаводская, 2007 г.



## Раздробление кирпича под перекрытием





Плющиха, 2003 г.





Плющиха, 2003 г.

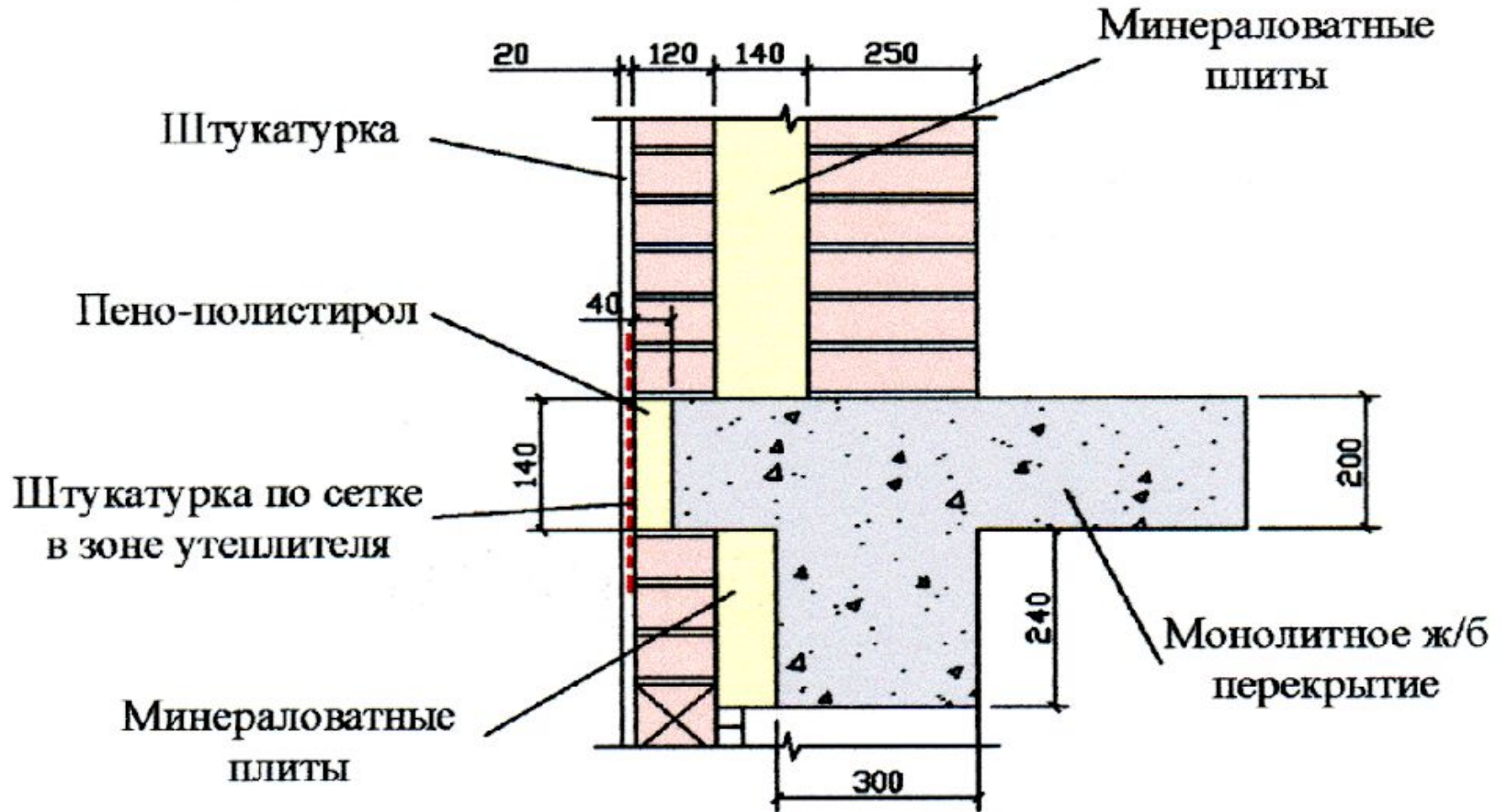


Рис. 2.3.10.6 Узел сопряжения лицевого слоя кладки с плитой перекрытия.

# Низкое качество нормативных документов

- Отставание нормативной базы вследствие ограниченного финансирования.
- В лучшем случае деньги выделяются на разработку документа.
- Исследования в нужном объеме не финансируются, до исполнителя не доходят.
- Влияние на качество нормативных документов, заказываемых заводами-изготовителями, узковедомственных интересов.

# Основные рекомендации, предложенные автором и учтенные в нормах

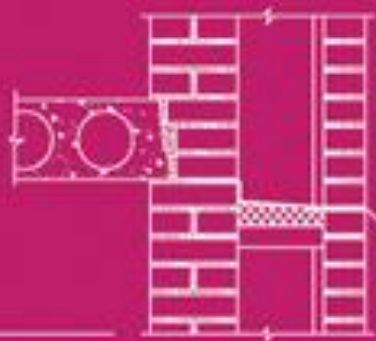
- Многие зарубежные технические решения неприемлемы вследствие:
- Большой разброс летних и зимних температур;
- Низкое качество строительства;
- Недостаток опыта у проектировщиков;
- Применение более дешевых и часто менее качественных материалов, в первую очередь гибких связей, сеток.



- В отечественных условиях установка лицевого слоя на гибких связях на стальной уголок не рекомендуется.
- Предложено у лицевого кирпича делать утолщенную стенку

Ищук М.К.

Отечественный опыт  
возведения зданий  
с наружными  
стенами  
из облегченной  
кладки



**M. Ishchuk**

**External multy-leaf walls**

**По вопросам  
приобретения  
монографии  
обращаться по тел.  
8-926-535-20-32  
8-499-174-79-96  
8-499-174-79-83**