

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

М.К.Ищук

M. Ishchuk

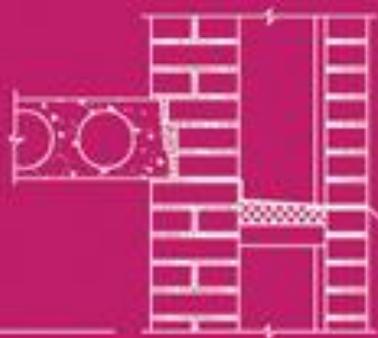
Stress-strain analyses of brick veneer

Ошибки повторяются

- Ошибки приводят ко все большим запретам

Ищук М.К.

Отечественный опыт
возведения зданий
с наружными
стенами
из облегченной
кладки



M. Ishchuk

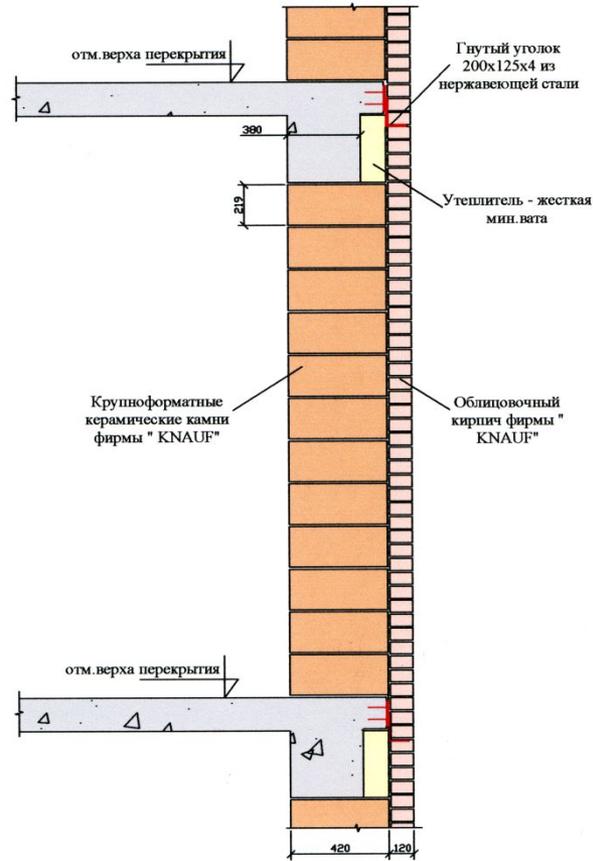
External multy-leaf walls

**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

Плита
перекрытия
**Reinforced
concrete floor**



Опорный
стальной
уголок
Seat steel angle

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

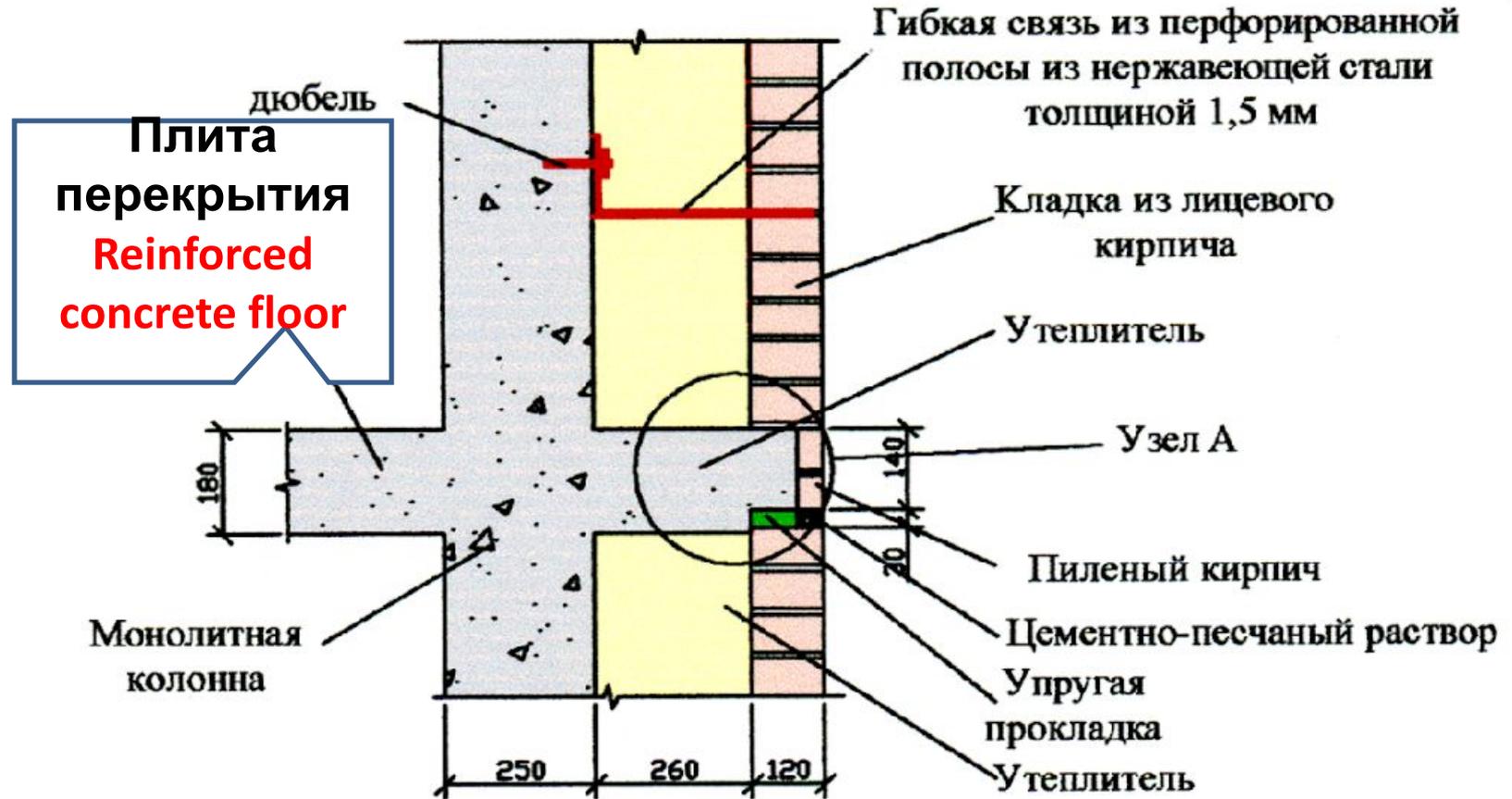
Пример трехслойной наружной стены с опиранием лицевого слоя на стальной уголок

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

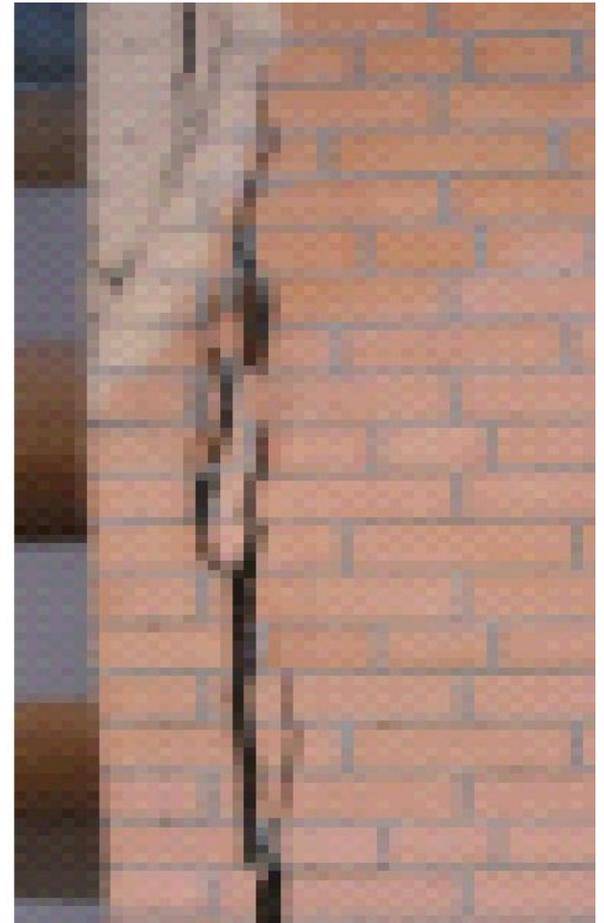


Усиление опорного уголка. Ул. Молодогвардейская, 1999г.

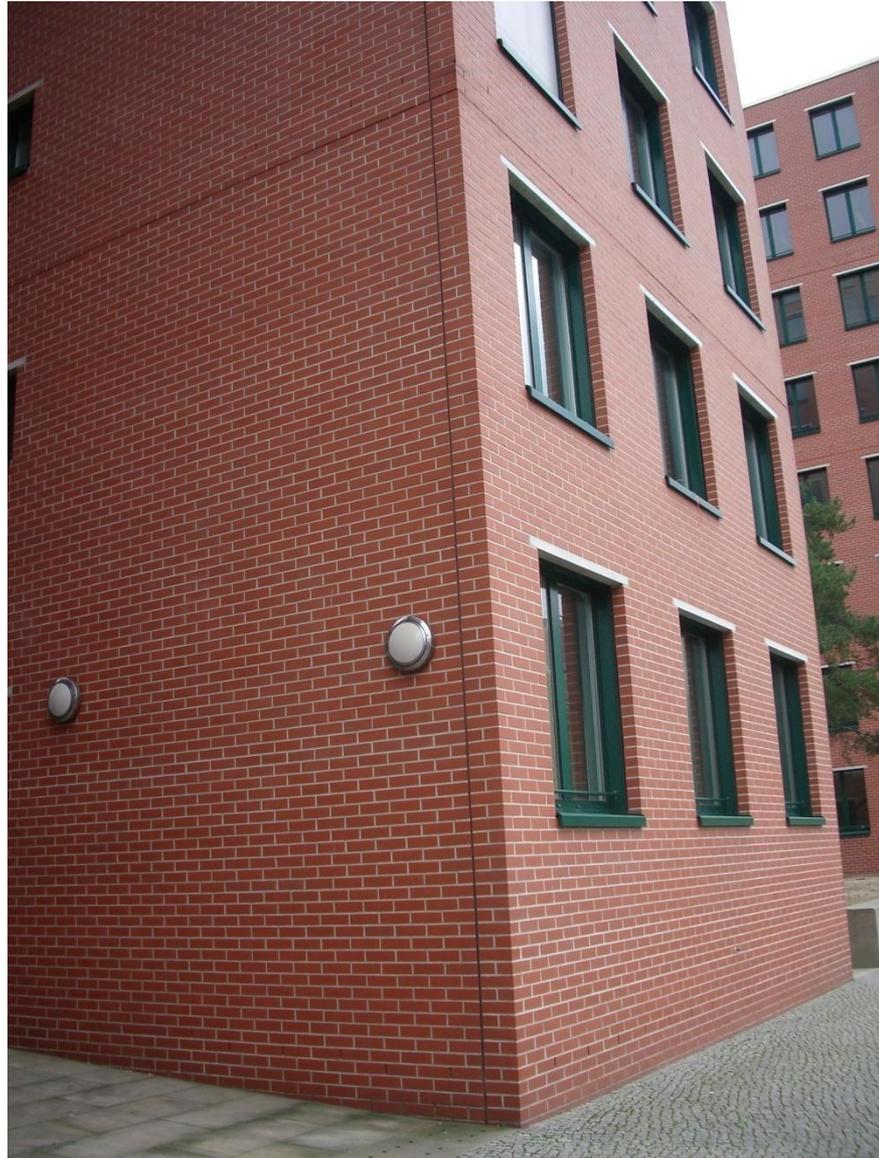


**2-ой тип разрушения – на
углах**

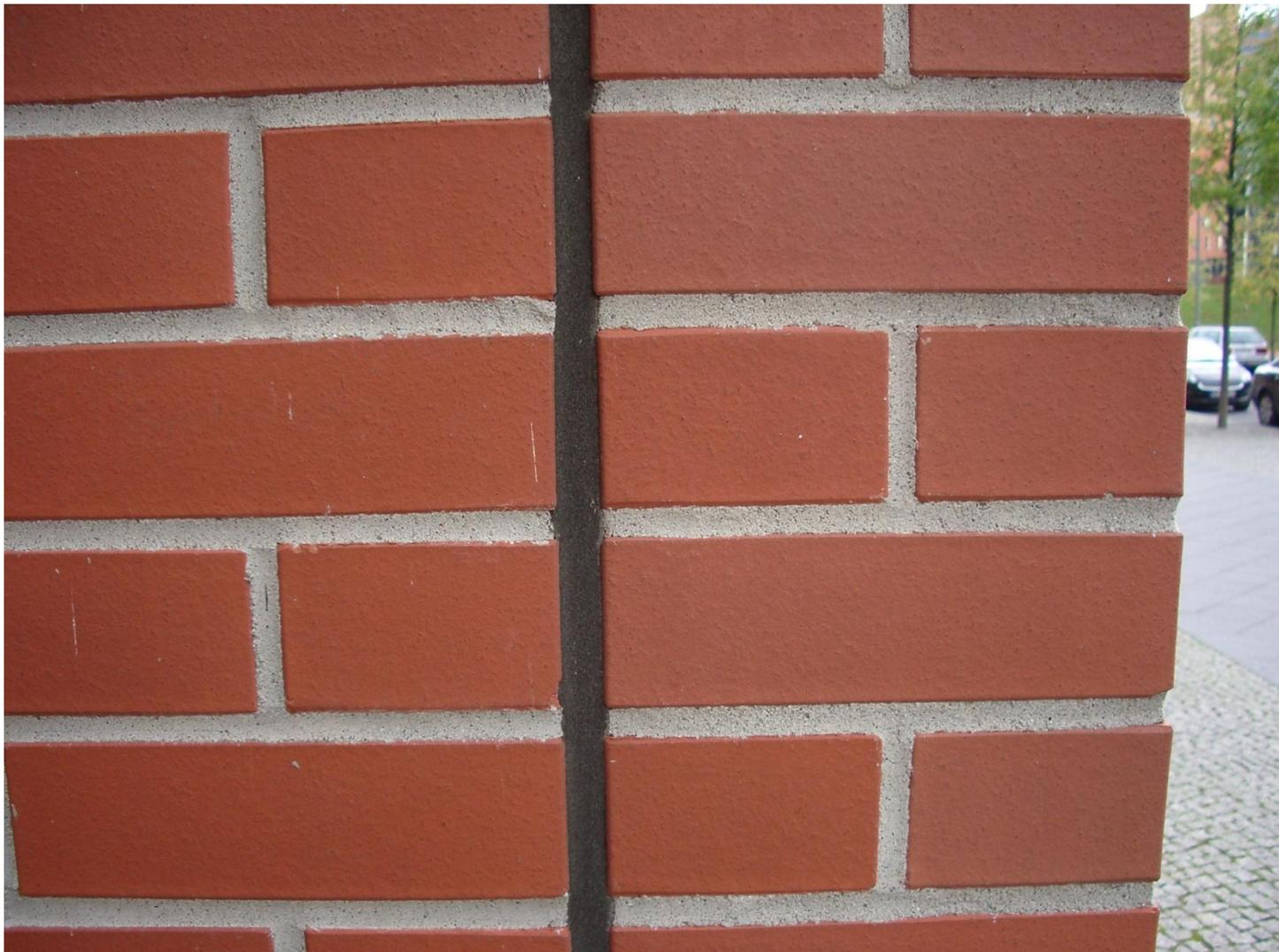
2-nd type of cracks - at Corner



Берлин



Вертикальный деформационный шов. Берлин



Смешанный тип разрушения

1-st and 2-nd types of cracks



Обрушение наружного кирпичного слоя

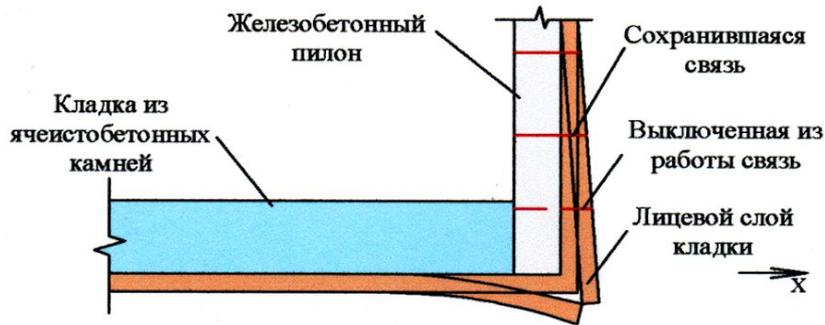
Collapse of brick veneere



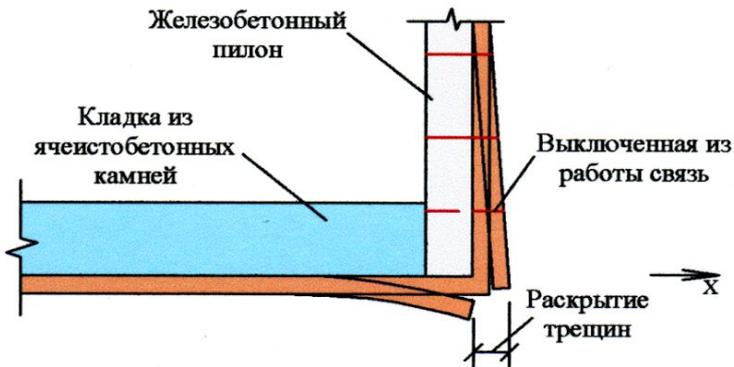
Ремонт облицовки

Repair of brick veneer

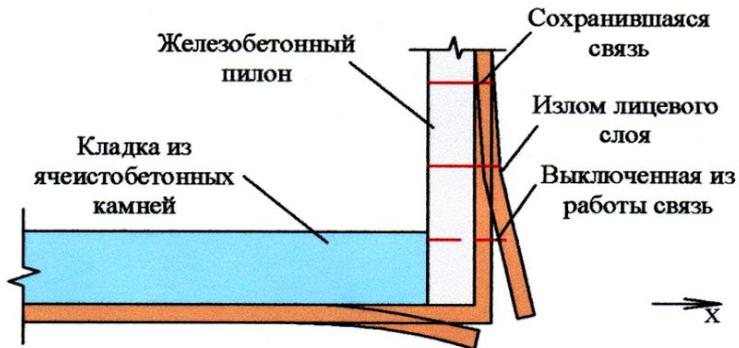




СТАДИЯ 1. Выключение из работы горизонтальных гибких связей в теплое время года.



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

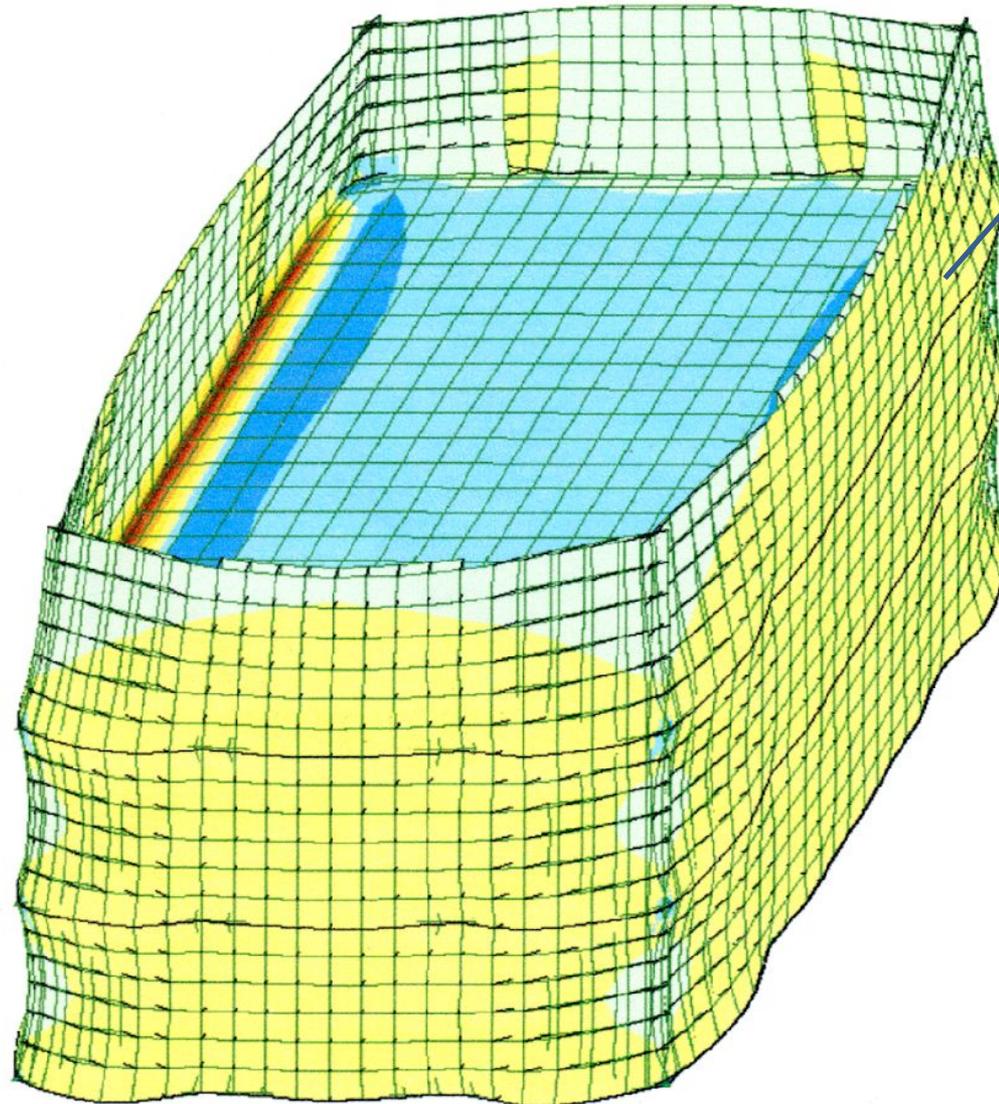
Reinforced concrete floor and brick veneer expand and contract with variations in temperature

Температурные деформации кирпичной облицовки и железобетонных плит перекрытий

Temperature strains in brick veneer and concrete floors

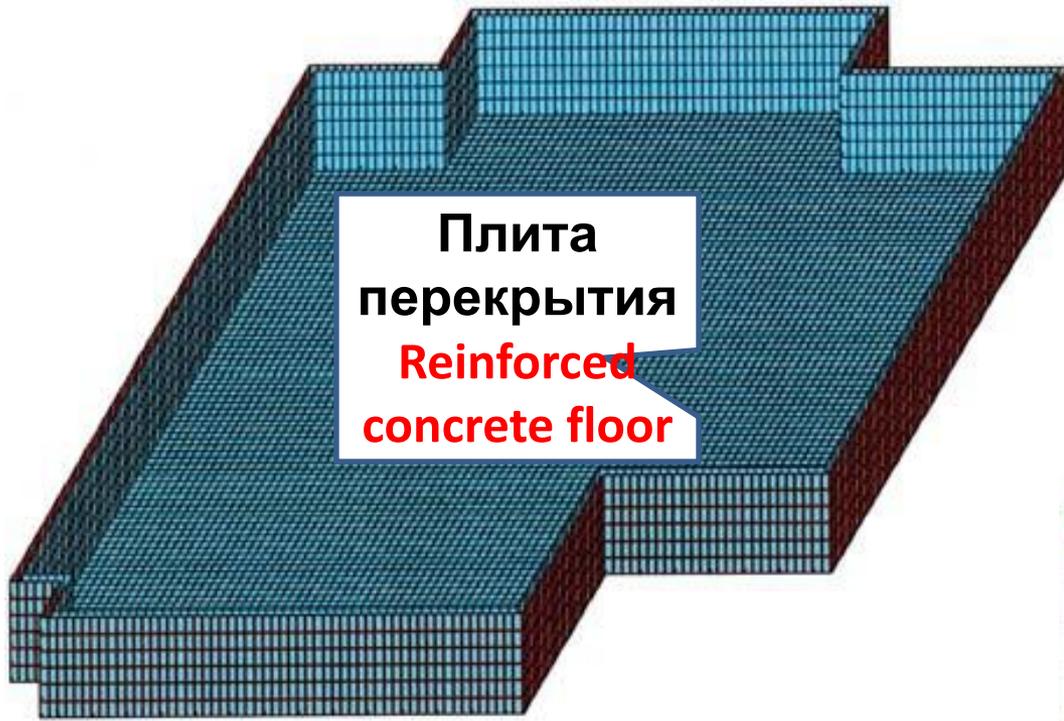
-25 °C

$$\alpha_t = 0,000005$$



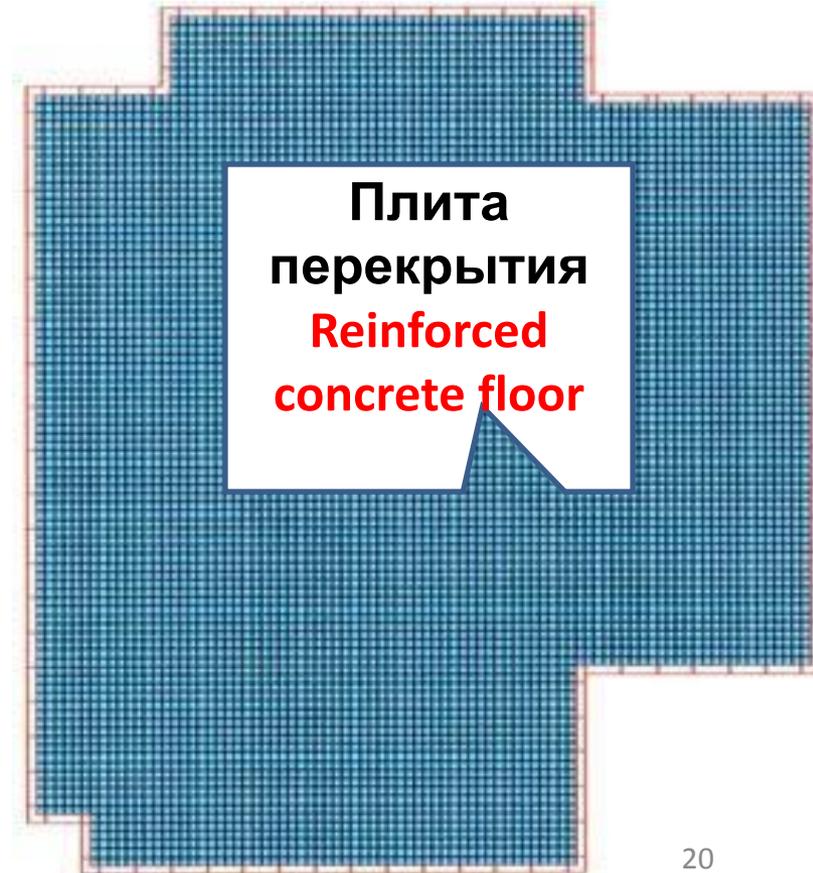
+20 °C

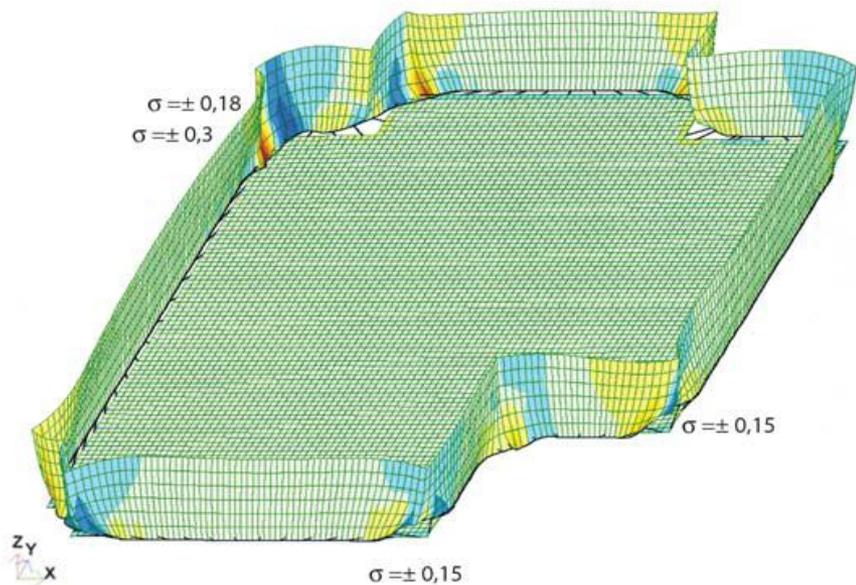
$$\alpha_t = 0,00001$$



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

Конечно-
элементная
модель
Finite element
model

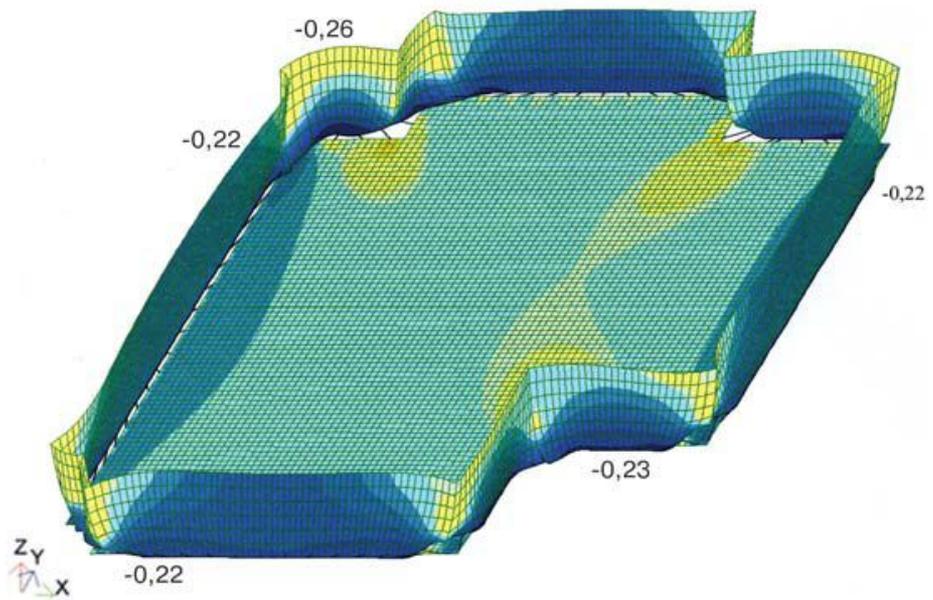




Горизонтальные напряжения

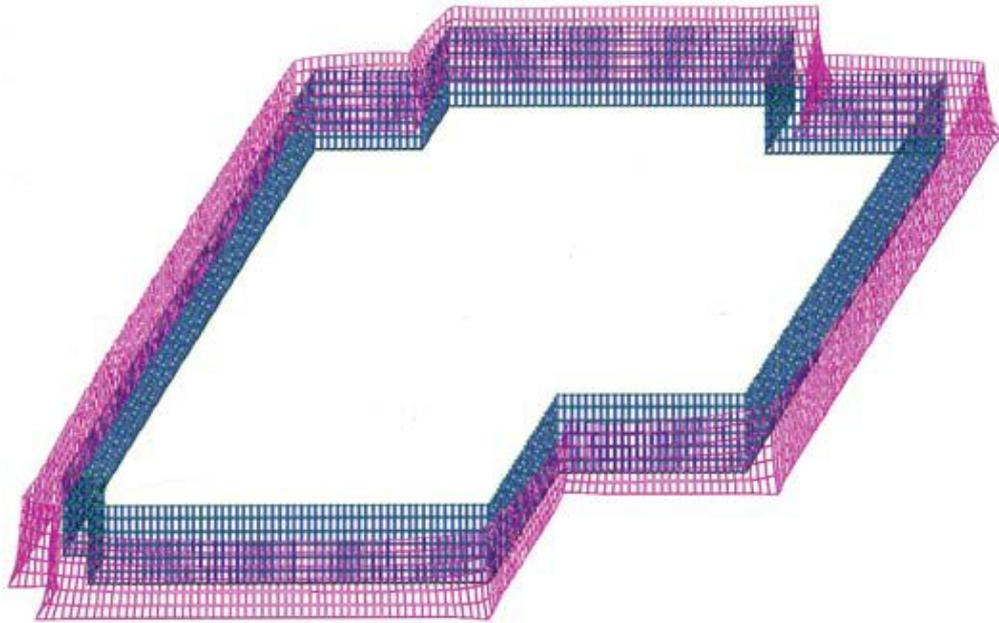
в летнее время:

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



Horizontal temperature stresses at summer

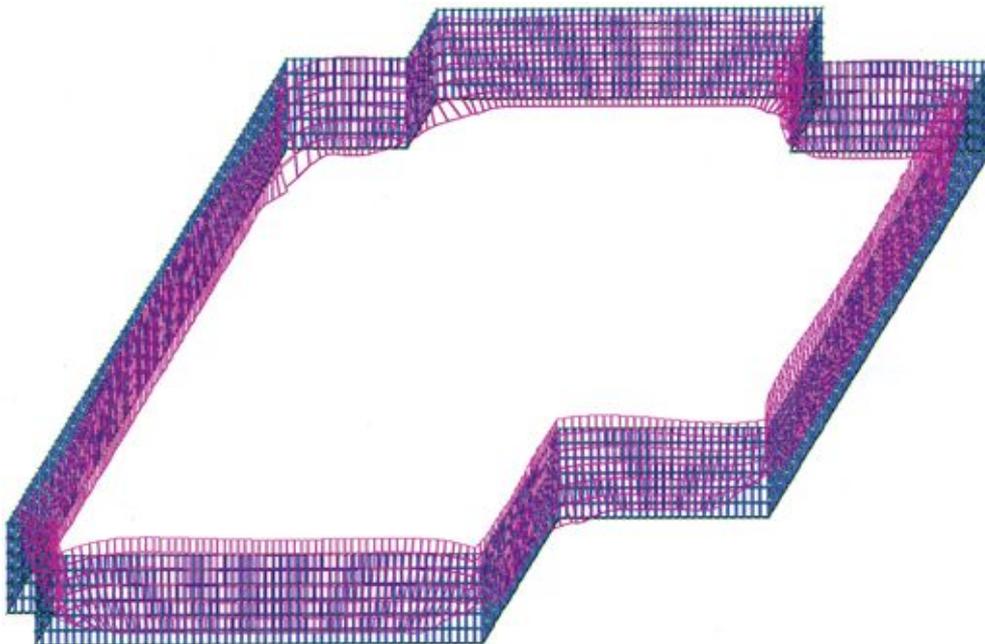
- a) axial compressive stresses
- b) bending stresses

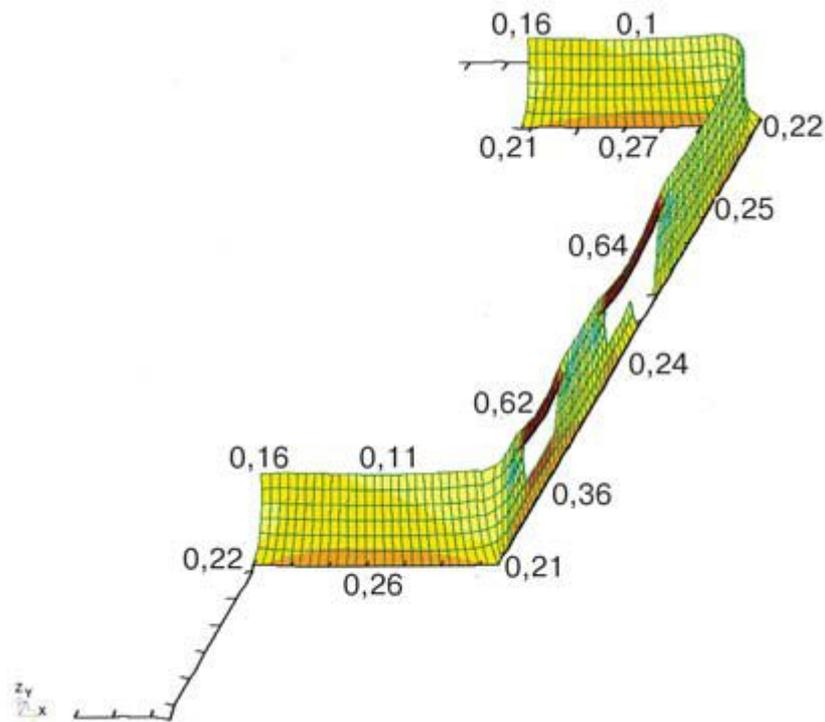


**Деформации
(перемещения)
кирпичной облицовки:
а) в летнее время
б) в зимнее время:**

**Strains (moving) of brick
veneer**

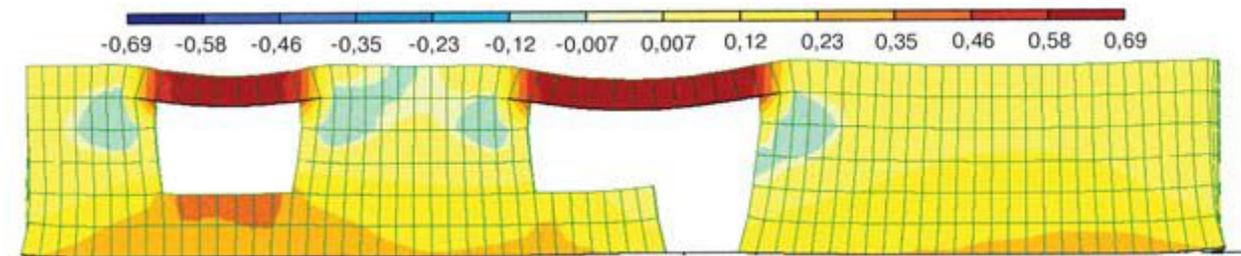
**а) at summer
б) at winter**

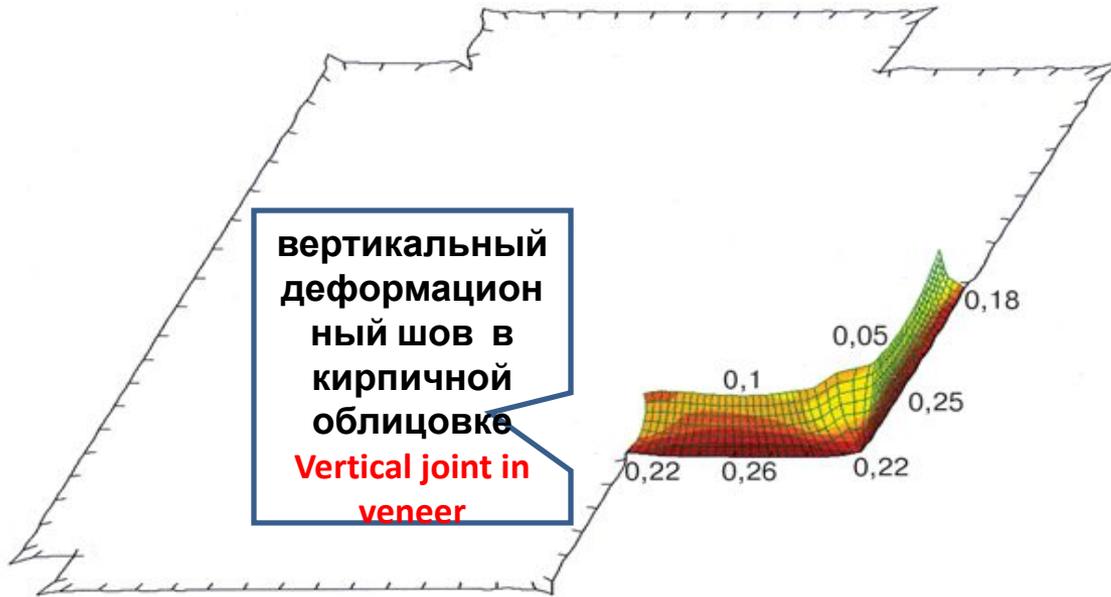




Горизонтальные
напряжения
в зимнее время:
а) без учета напряжений
от изгиба из плоскости;
б) от изгиба из плоскости

Horizontal temperature stresses at
winter without bending stresses

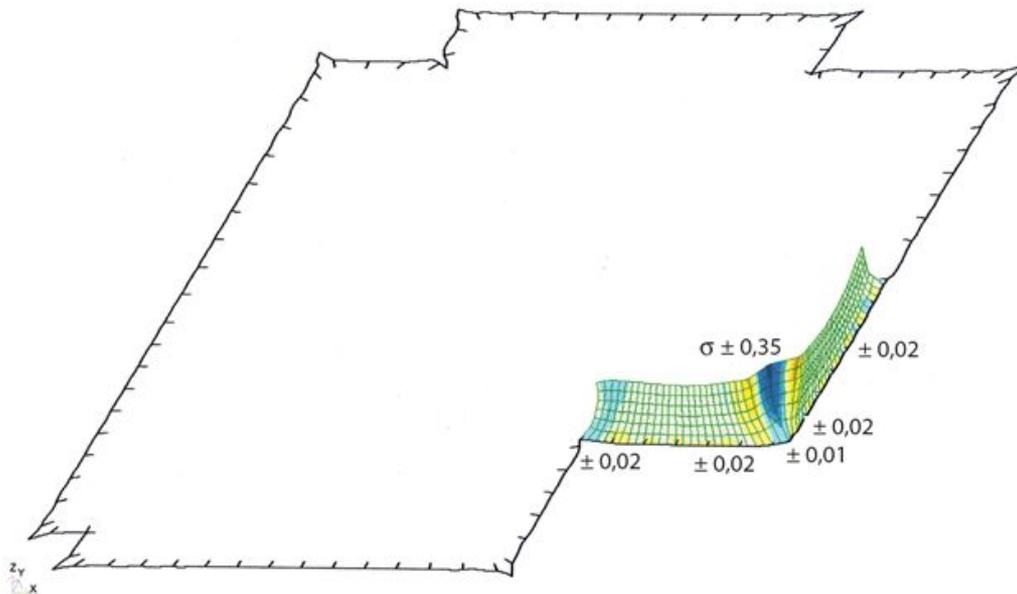




Горизонтальные напряжения в зимнее время:

а) без учета напряжений от изгиба из плоскости;

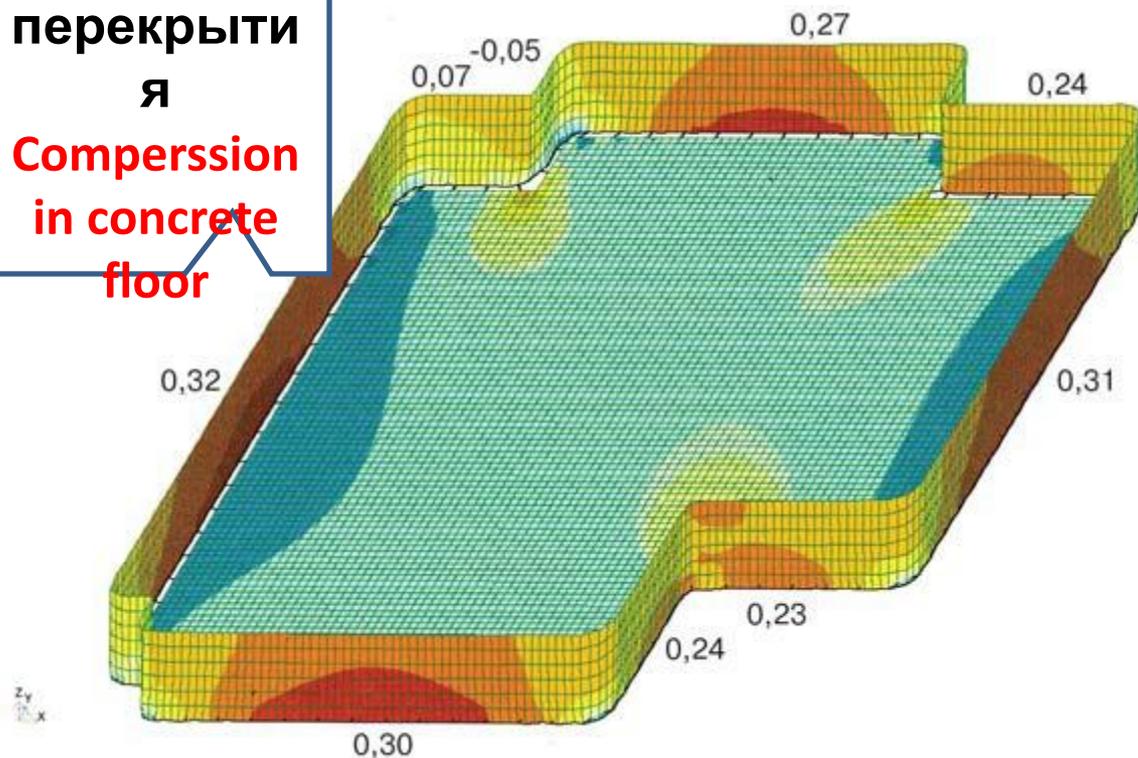
б) от изгиба из плоскости



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).

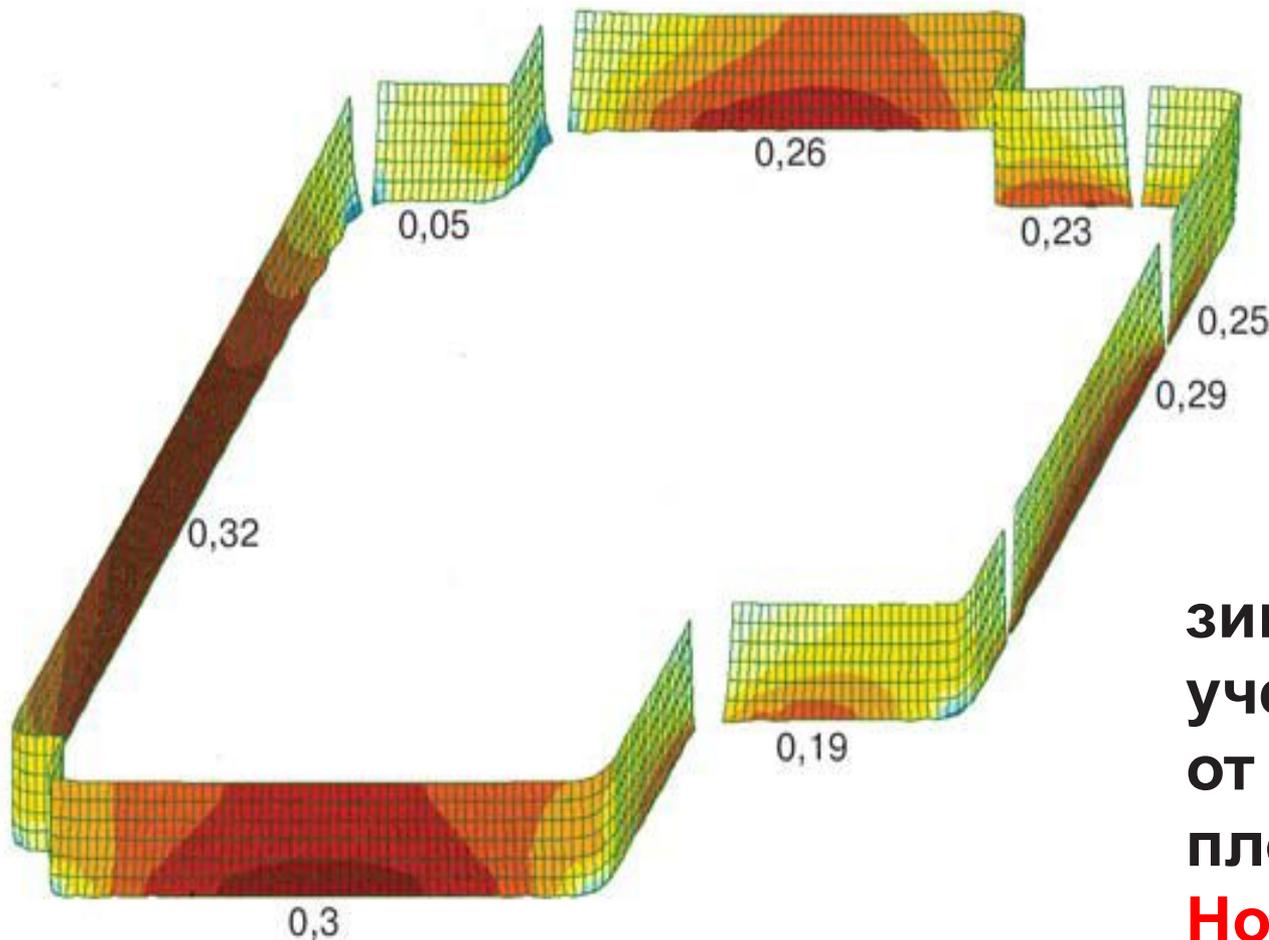
Период возведения
облицовки (замыкания
конструкции) - осень.

The building season -
autumn

Растяжени
е в

кирпичной
облицовке

Tension in
veneer



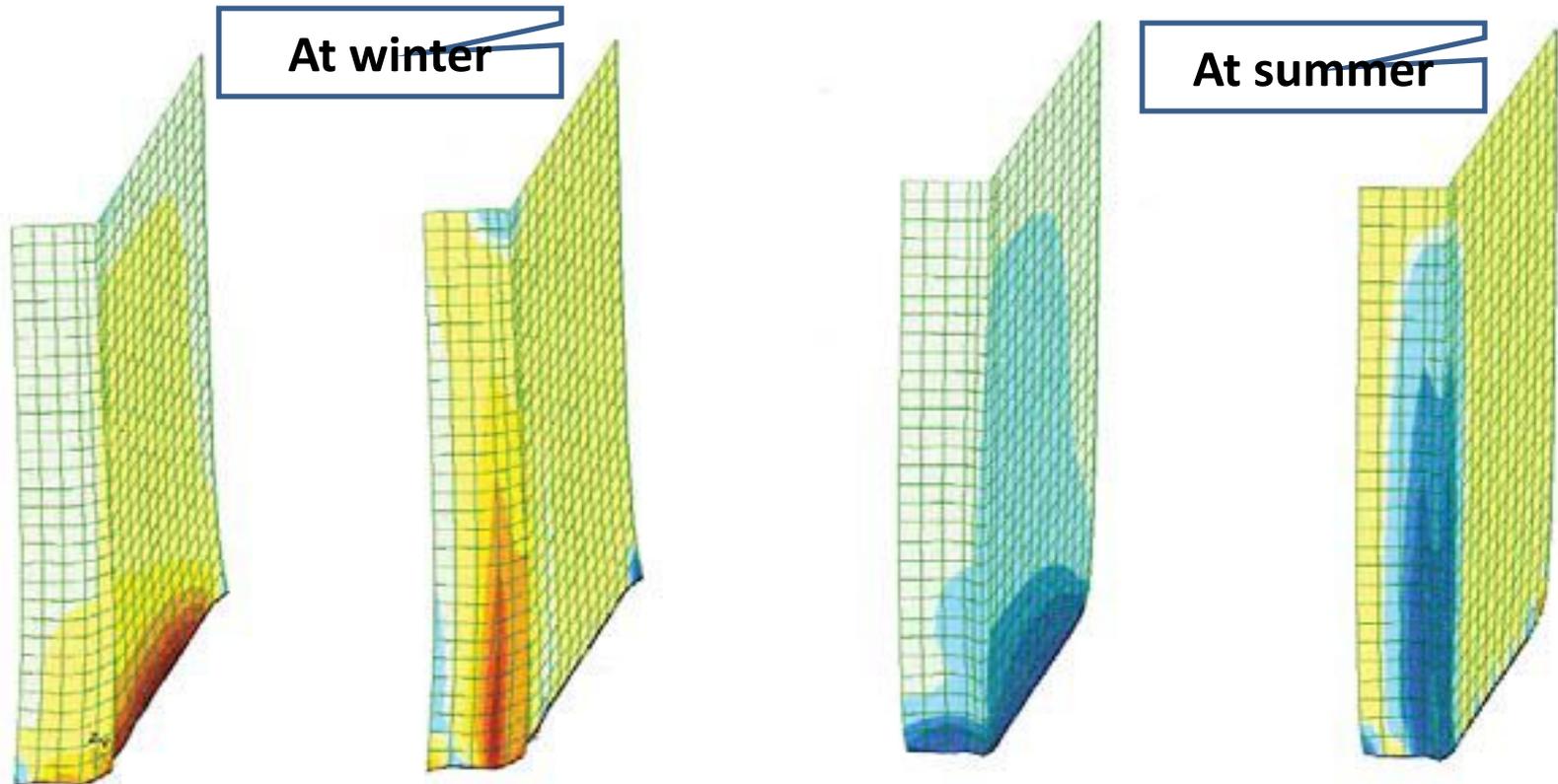
Вертикальный деформационный шов
(Vertical movement joint)

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

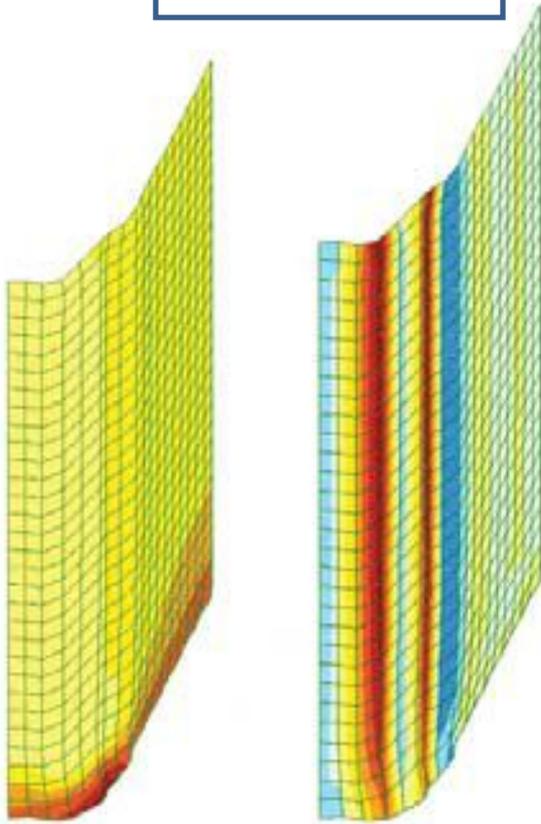


Вертикальный деформационный шов
(Vertical movement joint)

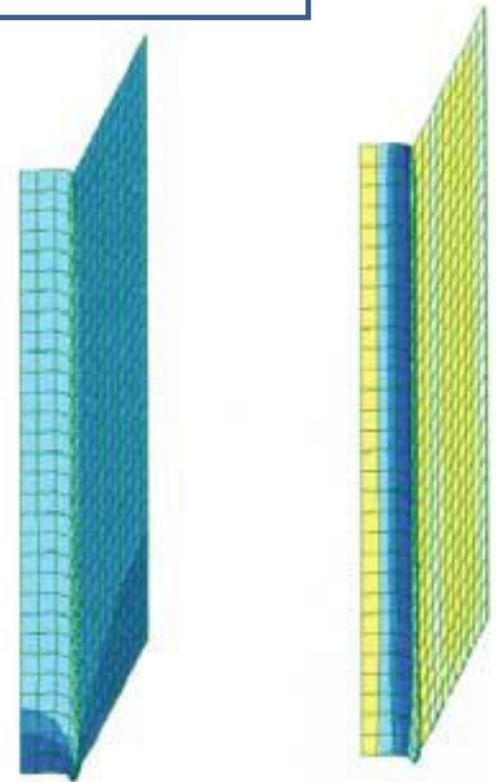
Многоэтажный фрагмент без горизонтальных и вертикальных деформационных швов

Multystory wall without horizontal and vertical movement joints

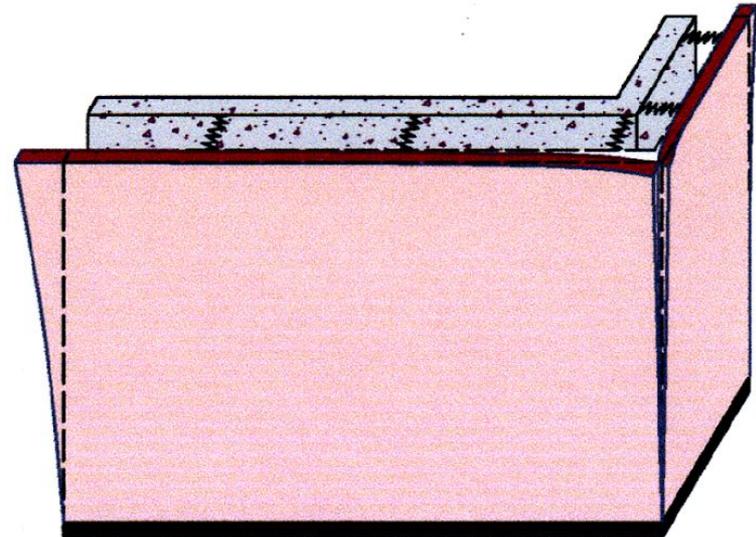
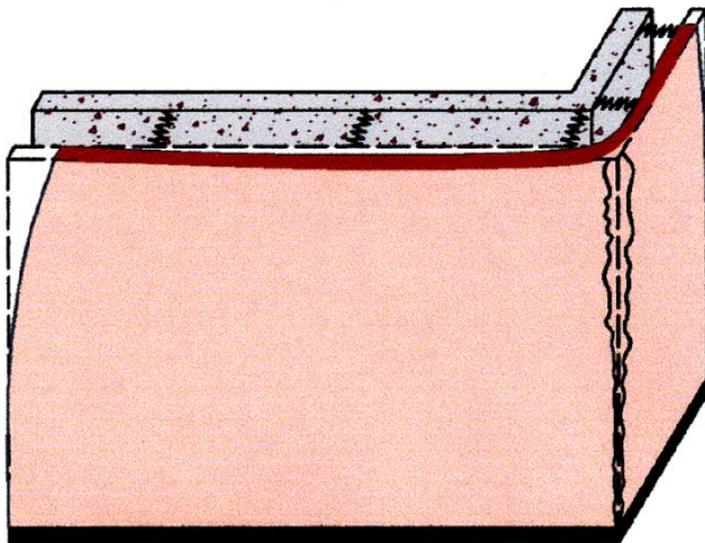
At winter



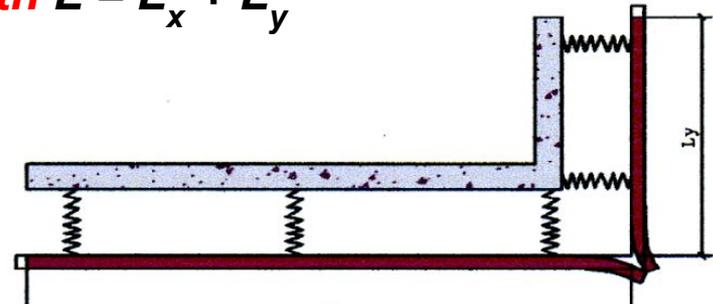
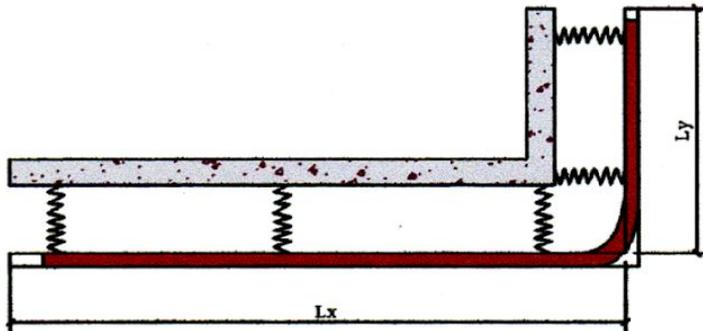
At summer



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



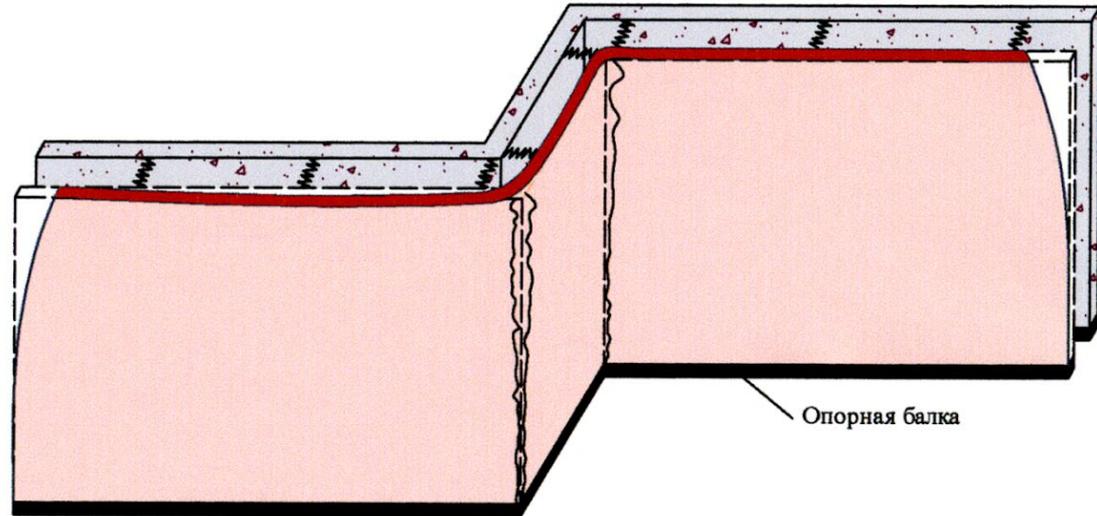
Расчетная длина **calculated Length** $L = L_x + L_y$



Температурные деформации лицевого слоя

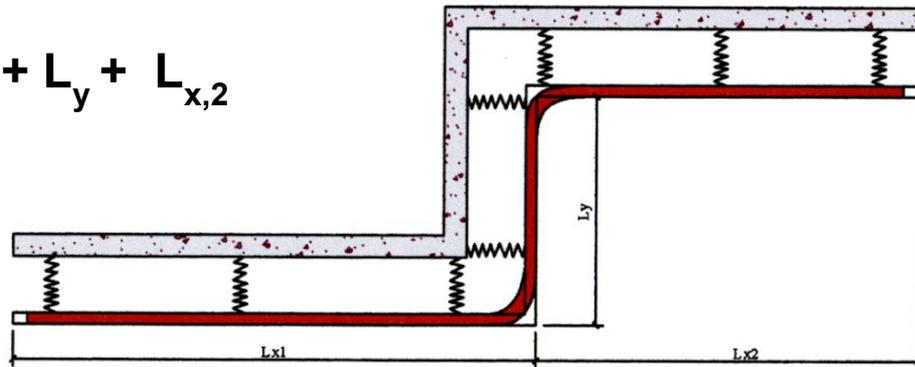
Strains of brick veneer at winter

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



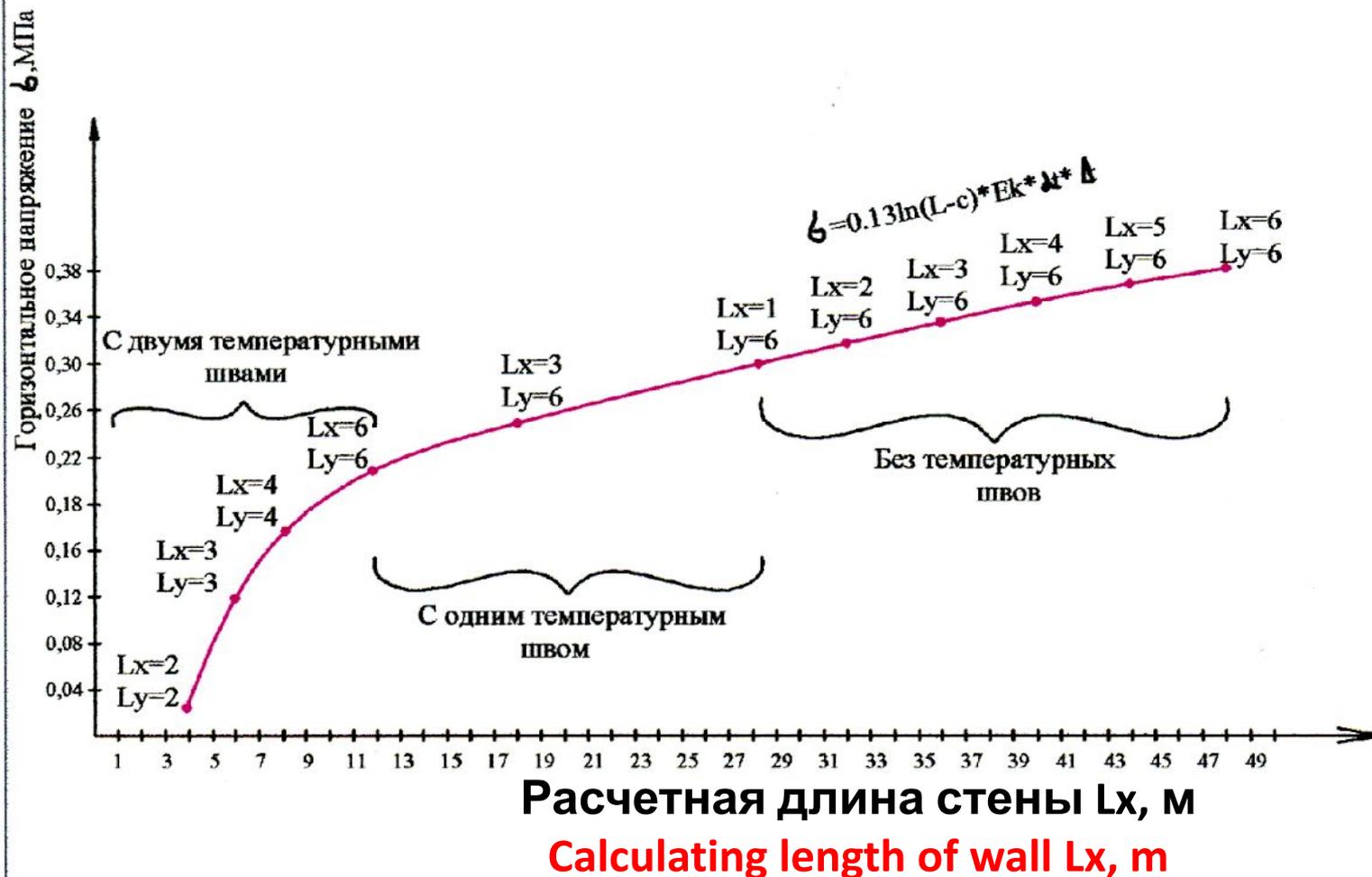
Расчетная длина

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**

α_t - коэффициент линейного расширения кладки
coefficient of thermal expansion;

Δ_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;

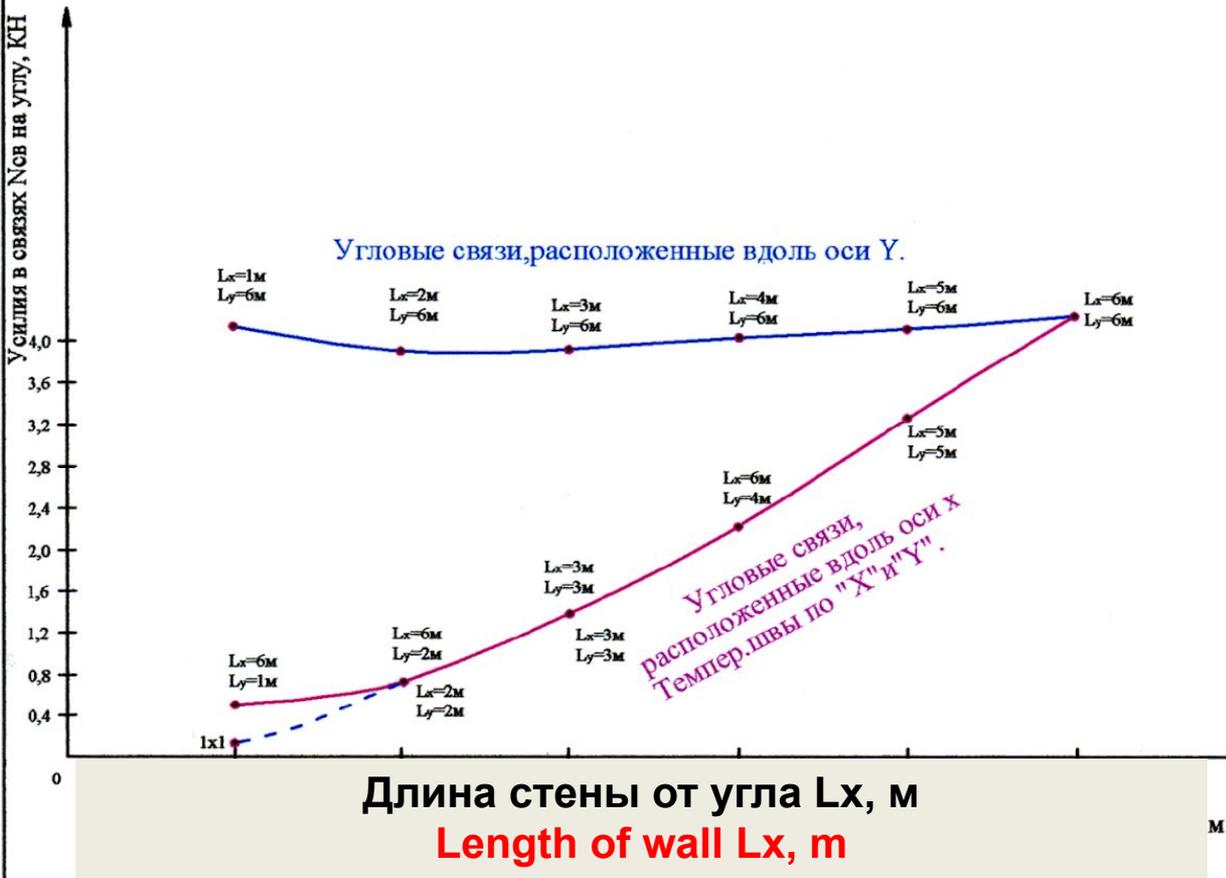
γ_{cs} – коэффициент условий работы. При армировании сетками $\gamma_{cs} = 0,75$;

N – горизонтальное растягивающее усилие

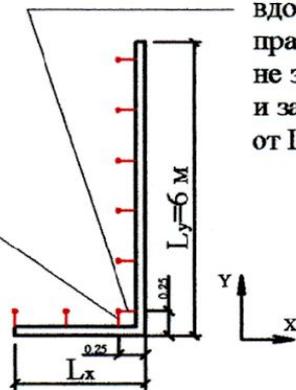
m_1 – коэффициент условий работы кладки лицевого слоя, принимаемый равным 1,0 при расстоянии между вертикальными температурными швами не более 3,5 м и 2,0 при большем значении.

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

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

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

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

Δt – расчетный перепад температур, °С.

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

α_t - коэффициент линейного расширения кладки
coefficient of thermal expansion

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

$$m_1 m_2 F_t \geq N$$

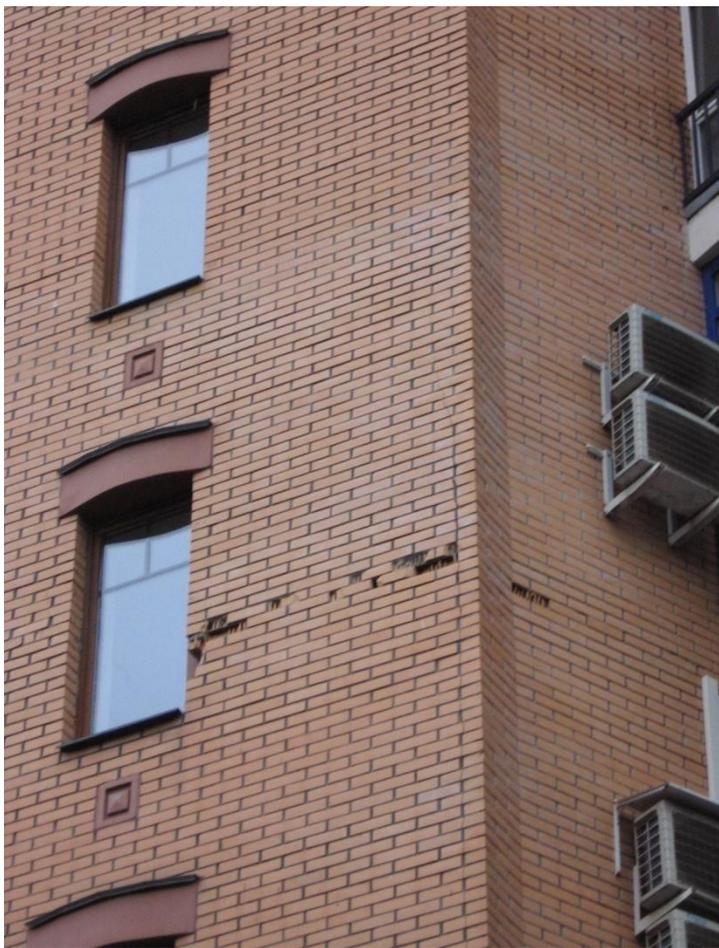
F_t -прочность связи на растяжение **Tensile resistance of tie**

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.

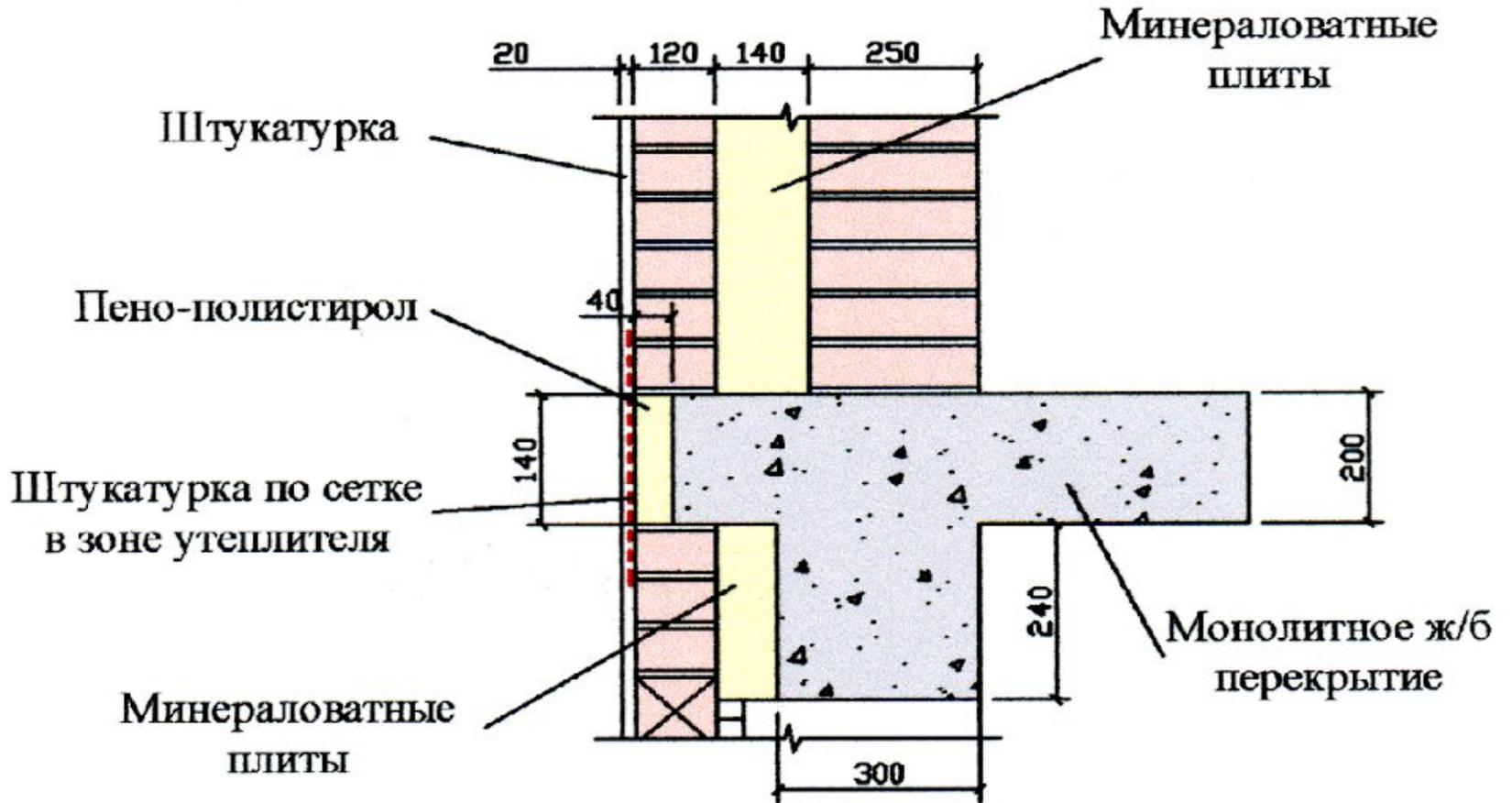


Рис. 2.3.10.6 Узел сопряжения лицевого слоя кладки с плитой перекрытия.

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.

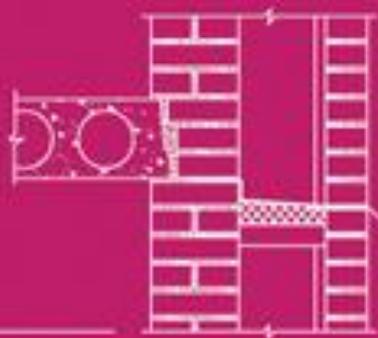
Основные рекомендации, предложенные автором и учтенные в нормах

- 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**