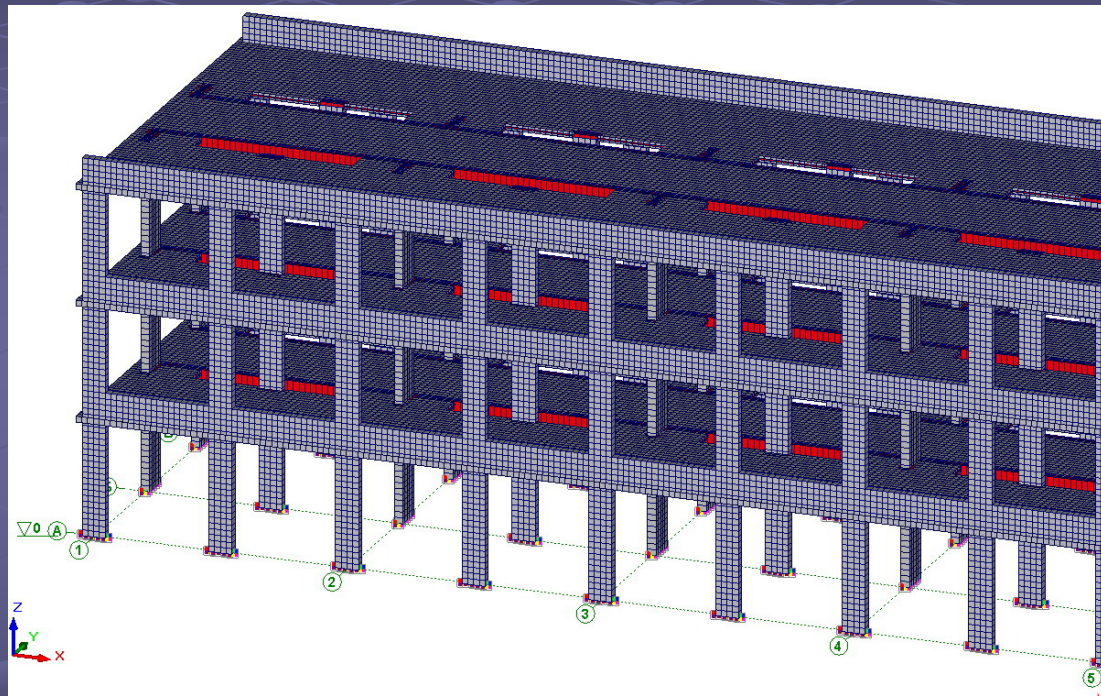


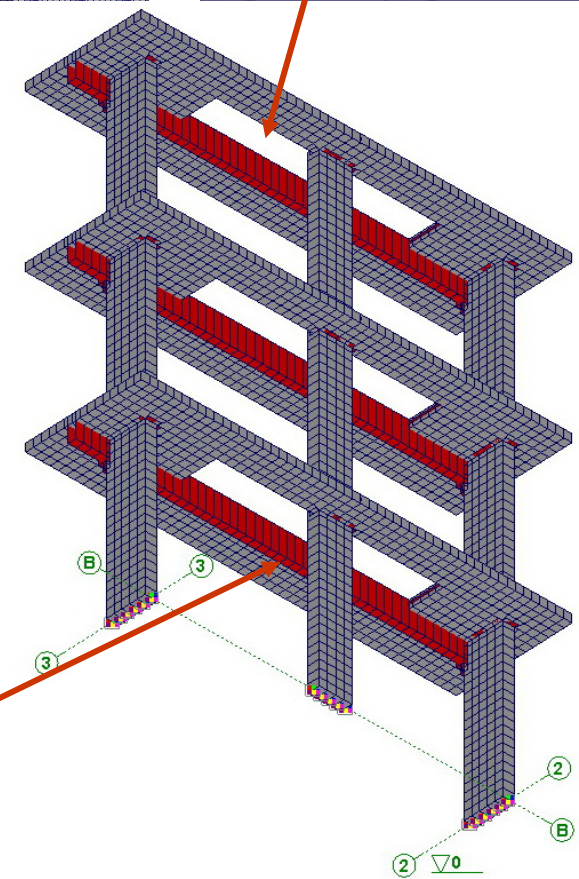
**Моделирование элементов
железобетонного каркаса.
Анализ НДС и результатов расчета
армирования в постпроцессоре**

*Кабанцев О.В. (МГСУ),
Карлин А.В. (МонолитСтройПроект)*

Модель 1. Перекрытие типового этажа с моделированием балок стержнями. Общий вид.



Отверстия в перекрытии

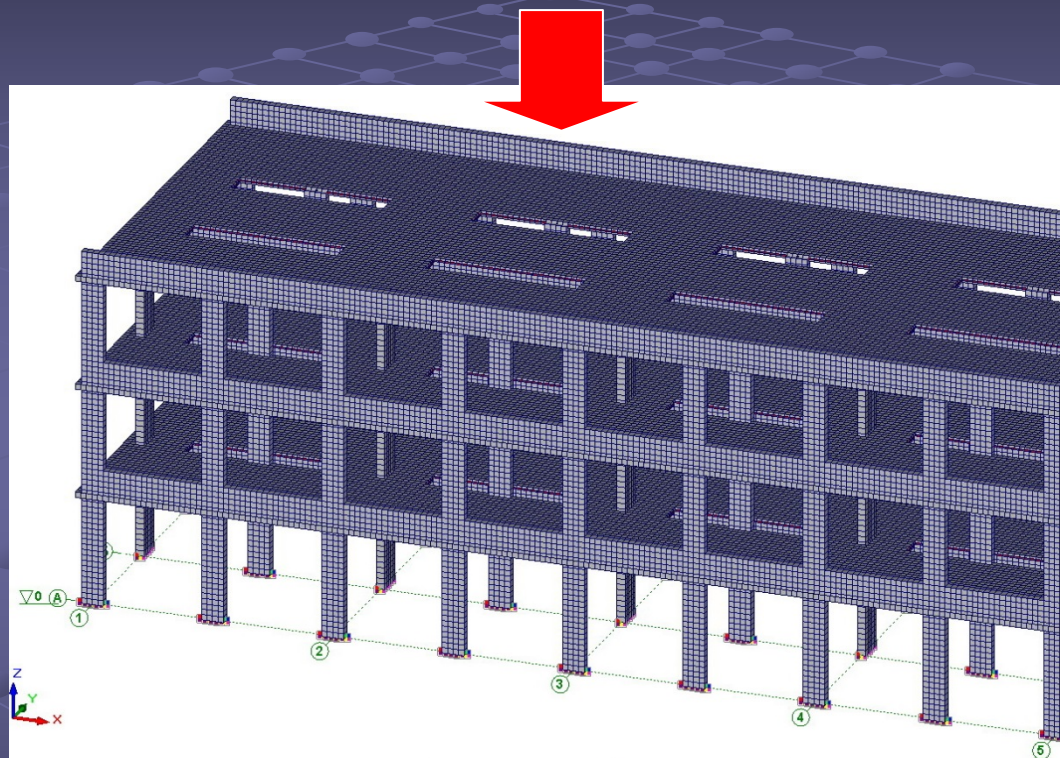


Модель 1. Перекрытие типового этажа. Фрагмент (вид снизу).

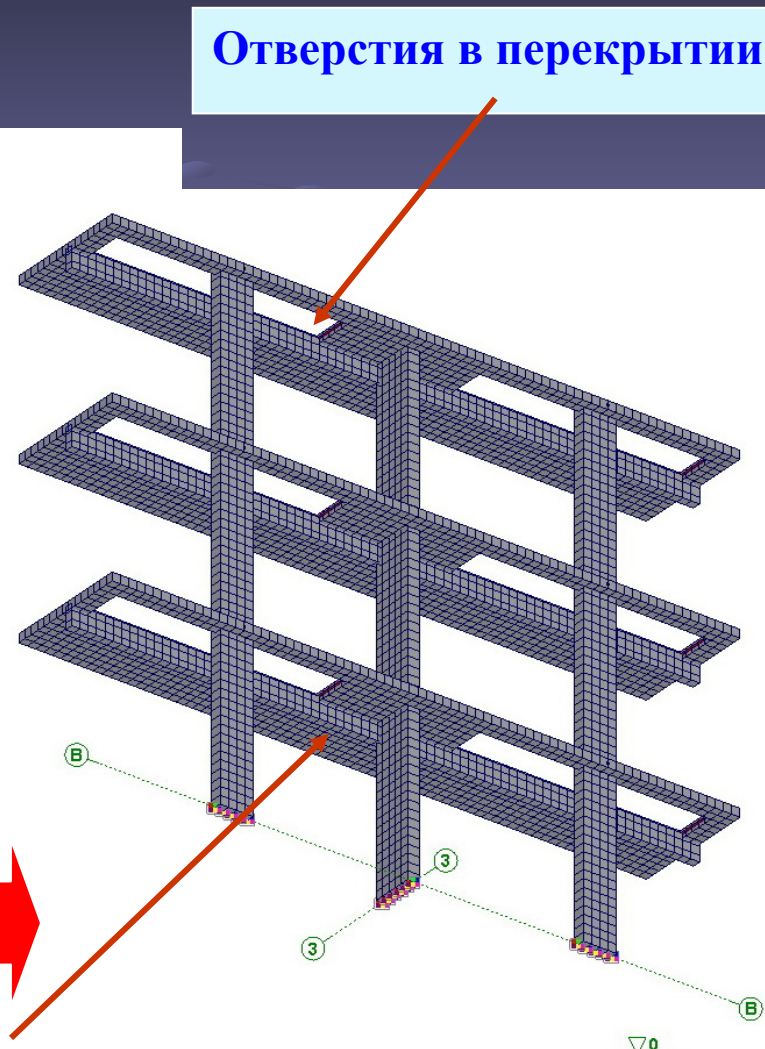


Балки по контуру
отверстий в перекрытии

Модель 2. Перекрытие типового этажа с моделированием балок пластинами (размер КЭ 300x300 мм). Общий вид.



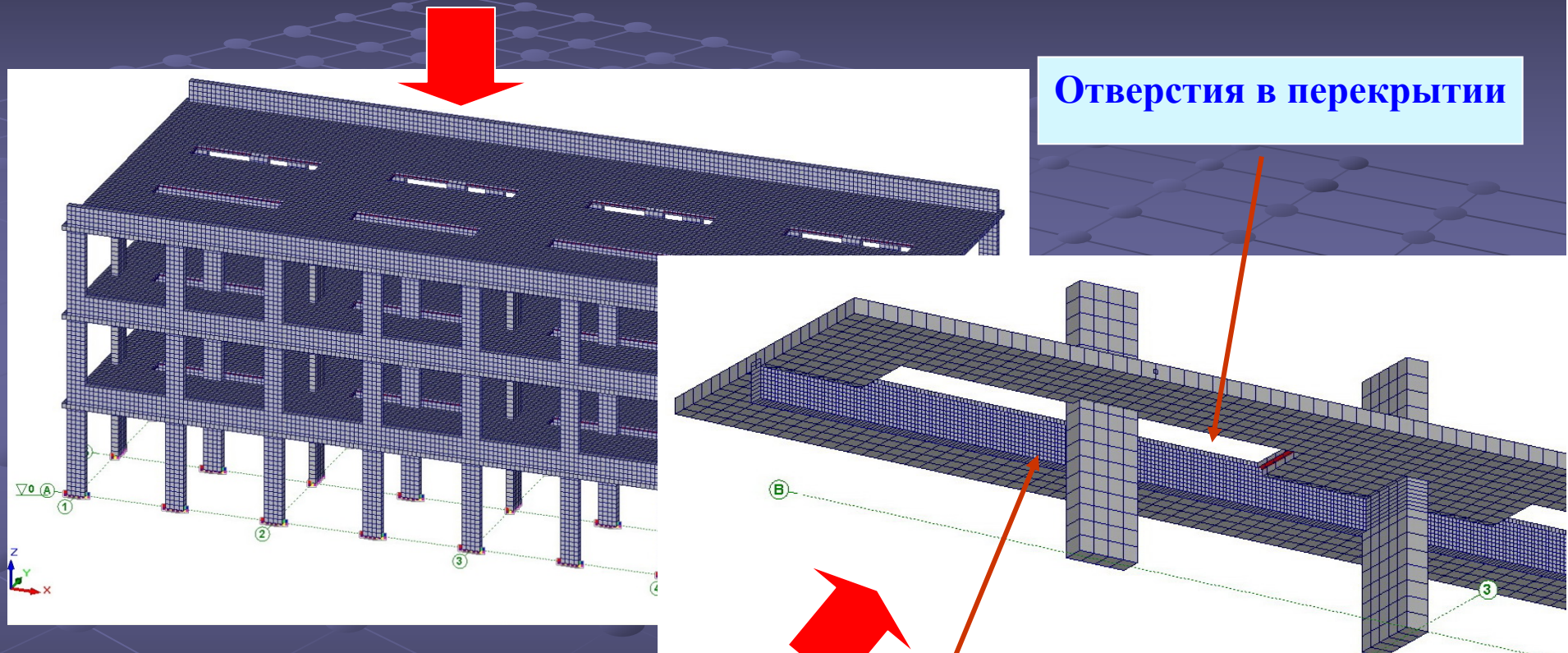
Модель 2. Перекрытие типового этажа с моделированием балок пластинами (размер КЭ 300x300 мм). . Фрагмент (вид снизу).



Отверстия в перекрытии

Балки по контуру отверстий в перекрытии

Модель 3. Перекрытие типового этажа с моделированием балок пластинами (размер КЭ 50x50 мм). Общий вид.



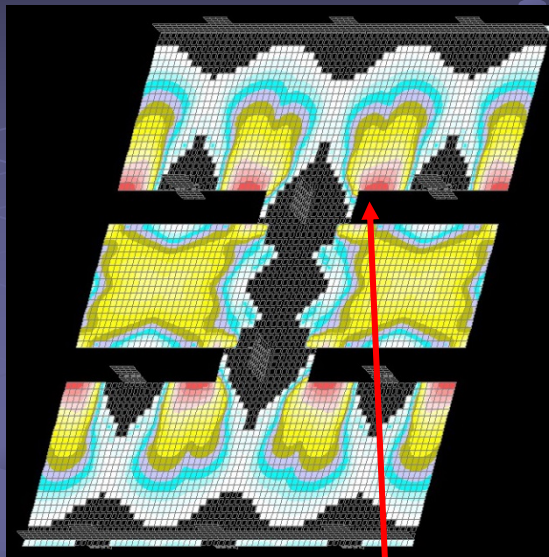
Модель 3. Перекрытие типового этажа с моделированием балок пластинами (размер КЭ 50x50 мм). . Фрагмент (вид снизу).

Балки по контуру
отверстий в перекрытии

Расчетное значение армирования перекрытия типового этажа. AS1.

Расчет в упругой постановке ($E=E_0$)

Модель 1 (стержни)



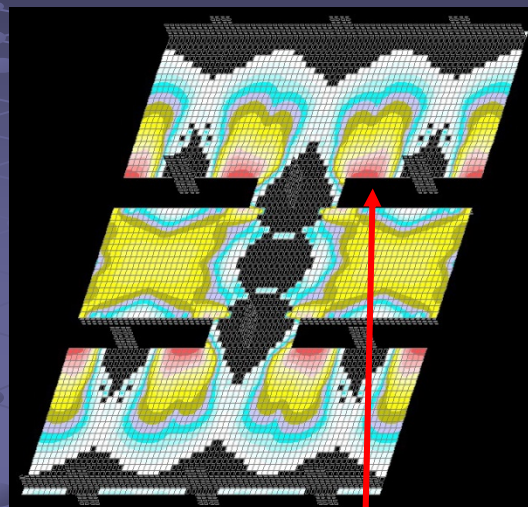
<input checked="" type="checkbox"/>	1,1	1,32
<input checked="" type="checkbox"/>	1,32	1,54
<input checked="" type="checkbox"/>	1,54	1,76
<input checked="" type="checkbox"/>	1,76	1,98
<input checked="" type="checkbox"/>	1,98	2,2
<input checked="" type="checkbox"/>	2,2	2,42
<input checked="" type="checkbox"/>	2,42	2,64
<input checked="" type="checkbox"/>	2,64	2,86
<input checked="" type="checkbox"/>	2,86	3,08

Управление шкалами

Применить Сохранить

Фрагментировать Закрывать

Модель 2 (балка-стенка 300x300 мм)



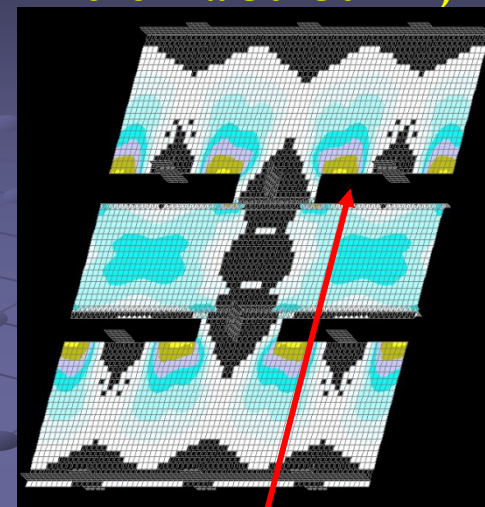
<input checked="" type="checkbox"/>	0,97	1,21
<input checked="" type="checkbox"/>	1,21	1,45
<input checked="" type="checkbox"/>	1,45	1,69
<input checked="" type="checkbox"/>	1,69	1,94
<input checked="" type="checkbox"/>	1,94	2,18
<input checked="" type="checkbox"/>	2,18	2,42
<input checked="" type="checkbox"/>	2,42	2,66
<input checked="" type="checkbox"/>	2,66	2,9
<input checked="" type="checkbox"/>	2,9	3,15
<input checked="" type="checkbox"/>	3,15	3,39

Управление шкалами

Применить Сохранить

Фрагментировать Закрывать

Модель 3 (балка-стенка 50x50 мм)



<input checked="" type="checkbox"/>	2,2	2,8
<input checked="" type="checkbox"/>	2,8	3,3
<input checked="" type="checkbox"/>	3,3	3,9
<input checked="" type="checkbox"/>	3,9	4,4
<input checked="" type="checkbox"/>	4,4	5,0
<input checked="" type="checkbox"/>	5,0	5,5
<input checked="" type="checkbox"/>	5,5	6,1
<input checked="" type="checkbox"/>	6,1	6,6
<input checked="" type="checkbox"/>	6,6	7,2
<input checked="" type="checkbox"/>	7,2	7,7

Управление шкалами

Применить Сохранить

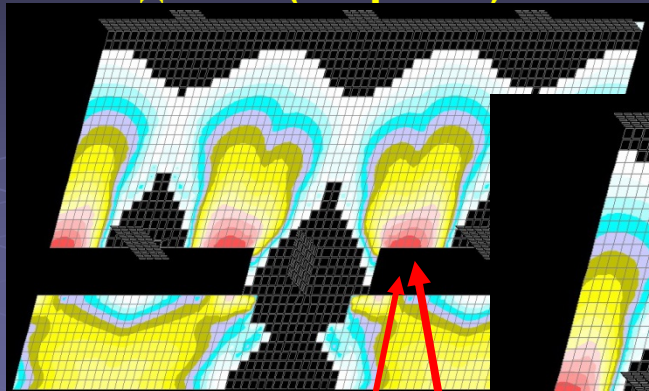
Фрагментировать Закрывать

Моделирование элементов железобетонного каркаса. Анализ НДС и результатов расчета армирования в постпроцессоре

Расчетное значение армирования перекрытия типового этажа. AS1 (Фрагмент)

Расчет в упругой постановке ($E=E_0$)

Модель 1 (стержни)



<input checked="" type="checkbox"/>	0,000000	0,22
<input checked="" type="checkbox"/>	0,22	0,44
<input checked="" type="checkbox"/>	0,44	0,66
<input checked="" type="checkbox"/>	0,66	0,88
<input checked="" type="checkbox"/>	0,88	1,1
<input checked="" type="checkbox"/>	1,1	1,32
<input checked="" type="checkbox"/>	1,32	1,54
<input checked="" type="checkbox"/>	1,54	1,76
<input checked="" type="checkbox"/>	1,76	1,98
<input checked="" type="checkbox"/>	1,98	2,2
<input checked="" type="checkbox"/>	2,2	2,42
<input checked="" type="checkbox"/>	2,42	2,64
<input checked="" type="checkbox"/>	2,64	2,86
<input checked="" type="checkbox"/>	2,86	3,08

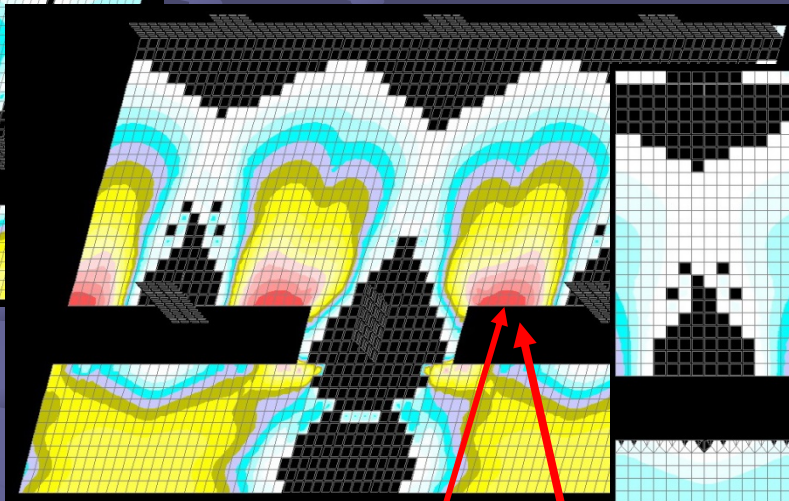
Управление шкалами

Применить Сохранить

Фрагментировать Закреть

3,08

Модель 2 (балка-стенка 300x300 мм)



<input checked="" type="checkbox"/>	1,21	1,45
<input checked="" type="checkbox"/>	1,45	1,69
<input checked="" type="checkbox"/>	1,69	1,94
<input checked="" type="checkbox"/>	1,94	2,18
<input checked="" type="checkbox"/>	2,18	2,42
<input checked="" type="checkbox"/>	2,42	2,66
<input checked="" type="checkbox"/>	2,66	2,9
<input checked="" type="checkbox"/>	2,9	3,15
<input checked="" type="checkbox"/>	3,15	3,39

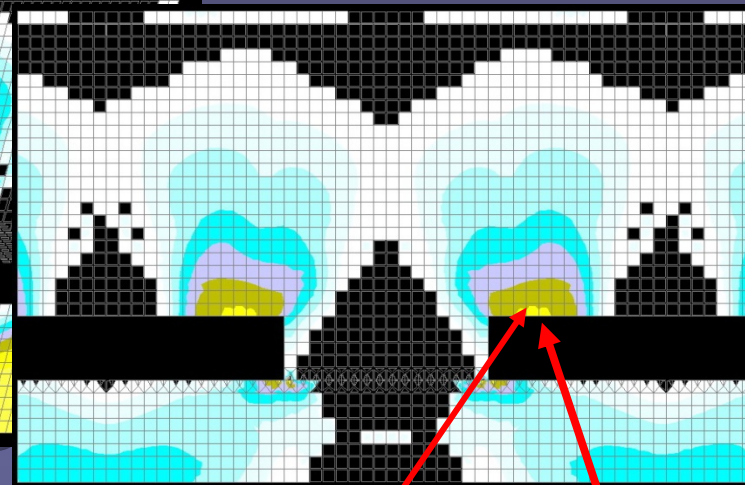
Управление шкалами

Применить Сохранить

Фрагментировать Закреть

3,99

Модель 3 (балка-стенка 50x50 мм)



<input checked="" type="checkbox"/>	2,76	3,32
<input checked="" type="checkbox"/>	3,32	3,87
<input checked="" type="checkbox"/>	3,87	4,42
<input checked="" type="checkbox"/>	4,42	4,98
<input checked="" type="checkbox"/>	4,98	5,53
<input checked="" type="checkbox"/>	5,53	6,08
<input checked="" type="checkbox"/>	6,08	6,64
<input checked="" type="checkbox"/>	6,64	7,19
<input checked="" type="checkbox"/>	7,19	7,74

Управление шкалами

Применить Сохранить

Фрагментировать Закреть

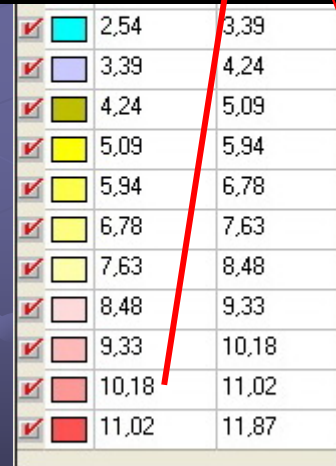
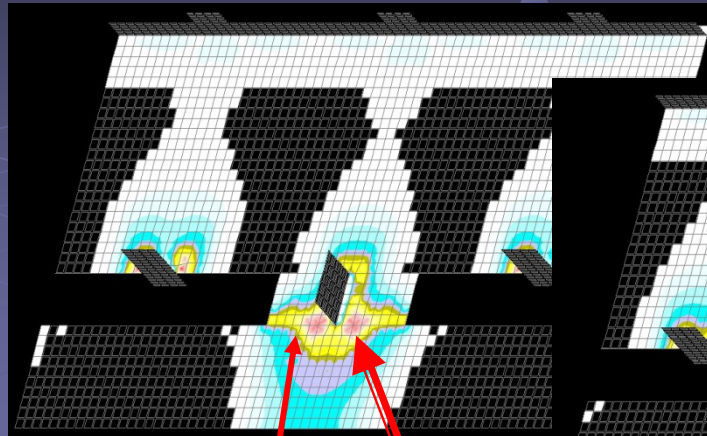
3,40

Моделирование элементов железобетонного каркаса. Анализ НДС и результатов расчета армирования в постпроцессоре

Расчетное значение армирования перекрытия типового этажа. AS2.

Расчет в упругой постановке ($E=E_0$)

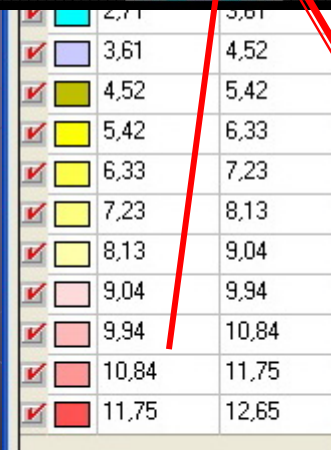
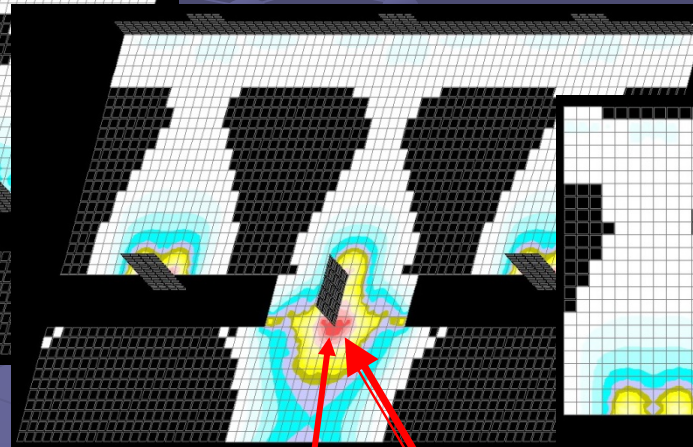
Модель 1 (стержни)



10,6

Управление шкалами
Применить Сохранить
Фрагментировать Закреть

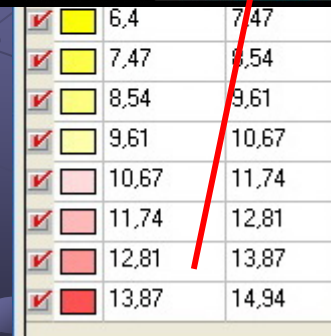
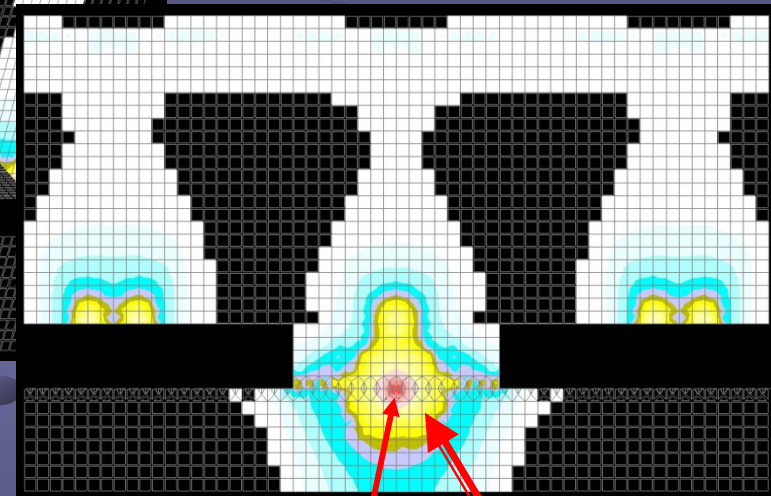
Модель 2 (балка-стенка 300x300 мм)



12,7

Управление шкалами
Применить Сохранить
Фрагментировать Закреть

Модель 3 (балка-стенка 50x50 мм)



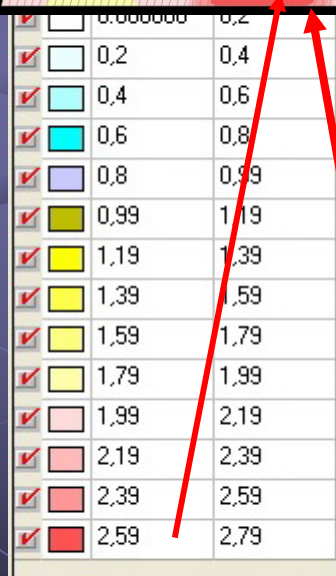
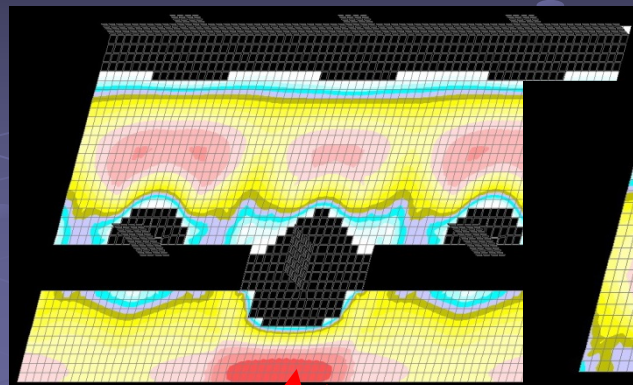
14,3

Управление шкалами
Применить Сохранить
Фрагментировать Закреть

Расчетное значение армирования перекрытия типового этажа. AS3.

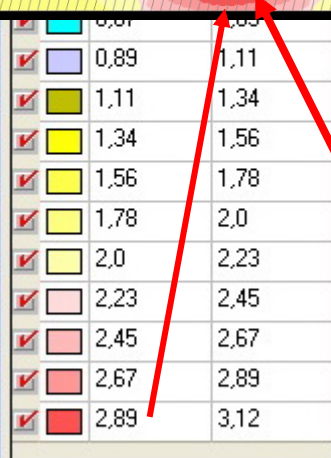
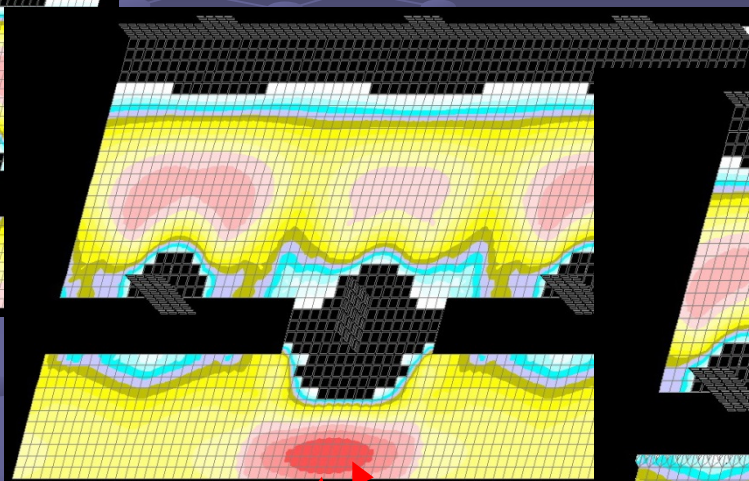
Расчет в упругой постановке ($E=E_0$)

Модель 1 (стержни)



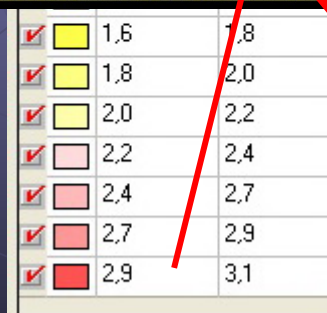
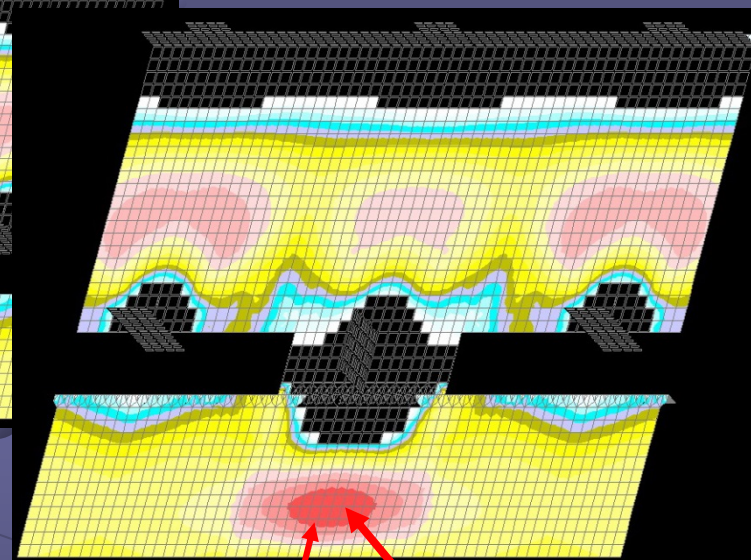
2,79

Модель 2 (балка-стенка 300x300 мм)



3,12

Модель 3 (балка-стенка 50x50 мм)



3,12

Управление шкалами

Применить

Сохранить

Фрагментировать

Закрыть

Управление шкалами

Применить

Сохранить

Фрагментировать

Закрыть

Управление шкалами

Применить

Сохранить

Фрагментировать

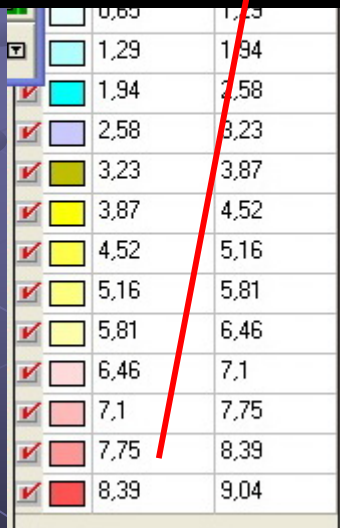
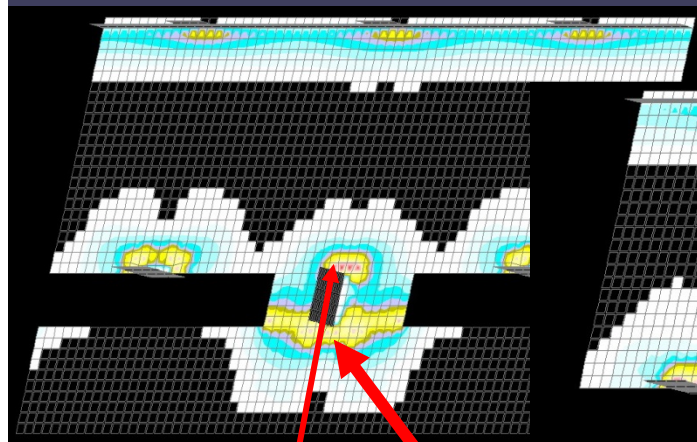
Закрыть

Моделирование элементов железобетонного каркаса. Анализ НДС и результатов расчета армирования в постпроцессоре

Расчетное значение армирования перекрытия типового этажа. AS4.

Расчет в упругой постановке ($E=E_0$)

Модель 1 (стержни)



7,4

Управление шкалами

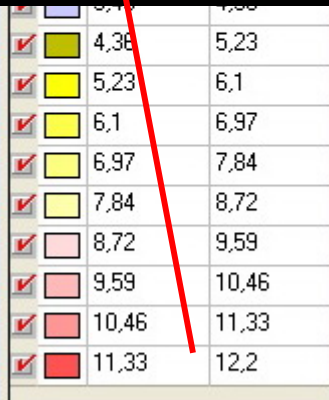
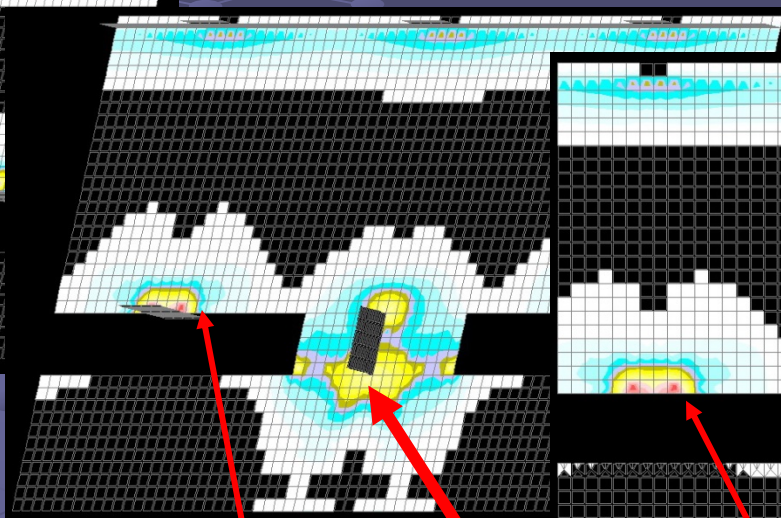
Применить

Сохранить

Фрагментировать

Закрыть

Модель 2 (балка-стенка 300x300 мм)



8,4

Управление шкалами

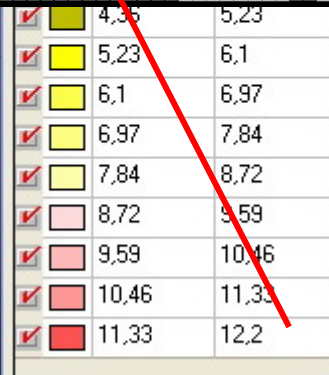
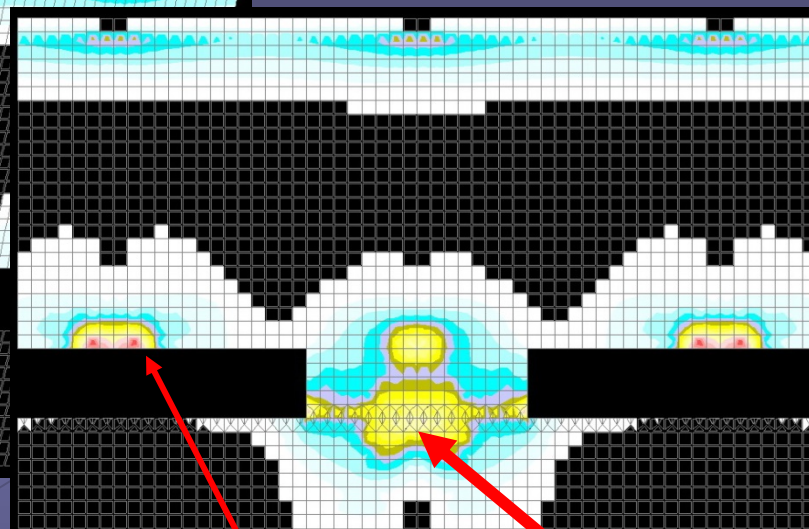
Применить

Сохранить

Фрагментировать

Закрыть

Модель 3 (балка-стенка 50x50 мм)



9,0

Управление шкалами

Применить

Сохранить

Фрагментировать

Закрыть

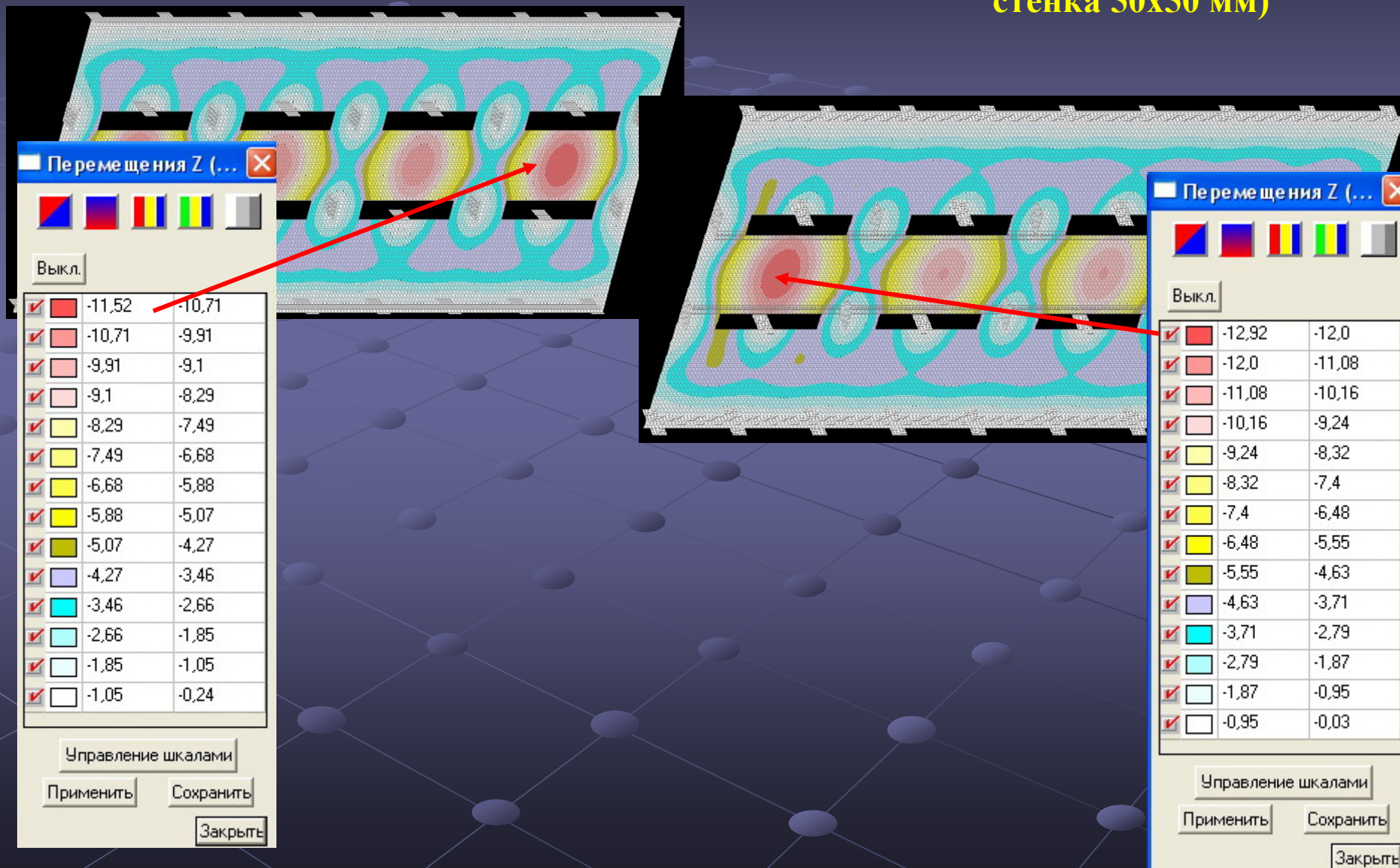
Моделирование элементов железобетонного каркаса. Анализ НДС и результатов расчета армирования в постпроцессоре

Расчетное значение перемещений (Z) от длительно действующих нагрузок.

Расчет с редуцированной жесткостью (СП-2003: $E = Ek$; $k = 0,2; 0,3; 0,6$)

Модель 1 (стержни)

Модель 3 (балка-стенка 50x50 мм)



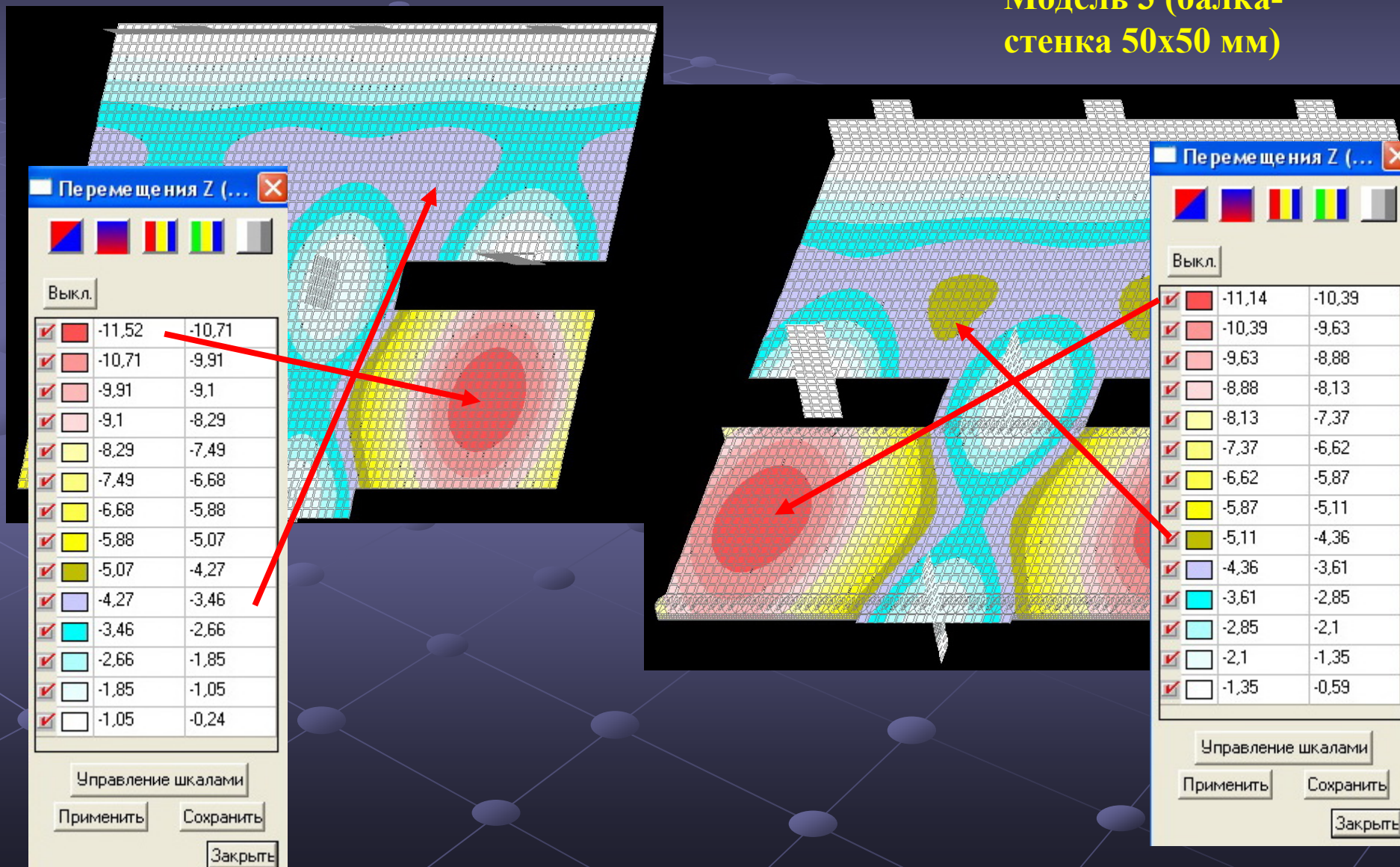
Моделирование элементов железобетонного каркаса. Анализ НДС и результатов расчета армирования в постпроцессоре

Расчетное значение перемещений (Z) от длительно действующих нагрузок.

Расчет с редуцированной жесткостью (СП-2003: $E=Ek$; $k = 0,2; 0,3; 0,6$)

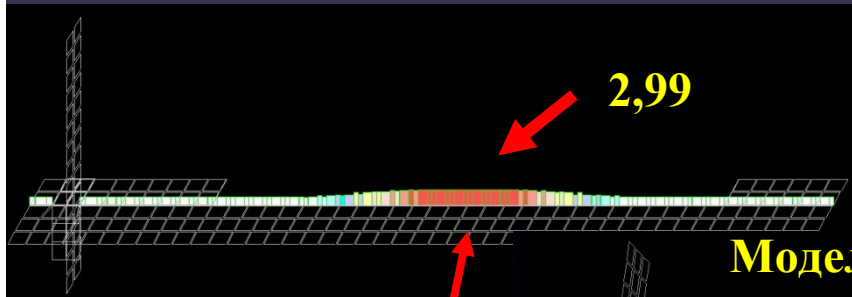
Модель 1 (стержни)

Модель 3 (балка-стенка 50x50 мм)

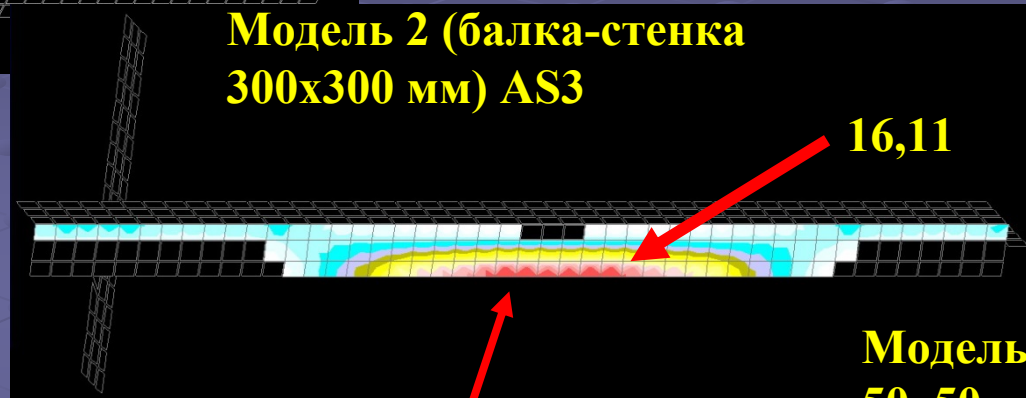


Расчетное значение армирования балки. Фрагмент. Расчет в упругой постановке.

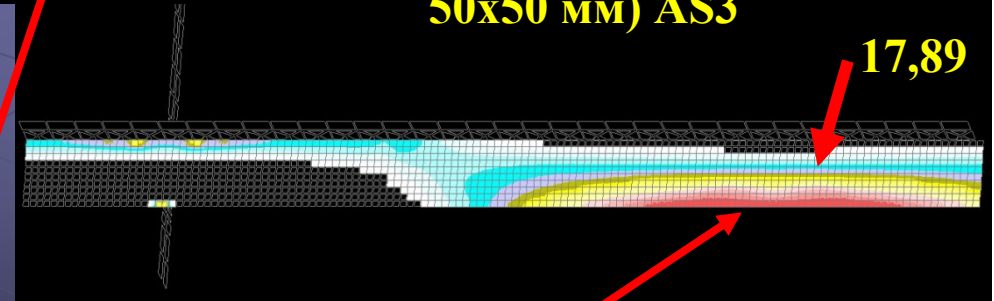
Модель 1 (стержни) AS1



Модель 2 (балка-стенка 300x300 мм) AS3



Модель 3 (балка-стенка 50x50 мм) AS3



Вкл.

<input checked="" type="checkbox"/>	1,19	1,31
<input checked="" type="checkbox"/>	1,31	1,44
<input checked="" type="checkbox"/>	1,44	1,57
<input checked="" type="checkbox"/>	1,57	1,7
<input checked="" type="checkbox"/>	1,7	1,83
<input checked="" type="checkbox"/>	1,83	1,96
<input checked="" type="checkbox"/>	1,96	2,09
<input checked="" type="checkbox"/>	2,09	2,22
<input checked="" type="checkbox"/>	2,22	2,34
<input checked="" type="checkbox"/>	2,34	2,47
<input checked="" type="checkbox"/>	2,47	2,6
<input checked="" type="checkbox"/>	2,6	2,73
<input checked="" type="checkbox"/>	2,73	2,86
<input checked="" type="checkbox"/>	2,86	2,99

Управление шкалами

Применить Сохранить

Фрагментировать Закреть

<input checked="" type="checkbox"/>	5,75	6,9
<input checked="" type="checkbox"/>	6,9	8,05
<input checked="" type="checkbox"/>	8,05	9,2
<input checked="" type="checkbox"/>	9,2	10,35
<input checked="" type="checkbox"/>	10,35	11,51
<input checked="" type="checkbox"/>	11,51	12,66
<input checked="" type="checkbox"/>	12,66	13,81
<input checked="" type="checkbox"/>	13,81	14,96
<input checked="" type="checkbox"/>	14,96	16,11

Управление шкалами

Применить Сохранить

Фрагментировать Закреть

<input checked="" type="checkbox"/>	14,05	15,33
<input checked="" type="checkbox"/>	15,33	16,61
<input checked="" type="checkbox"/>	16,61	17,89

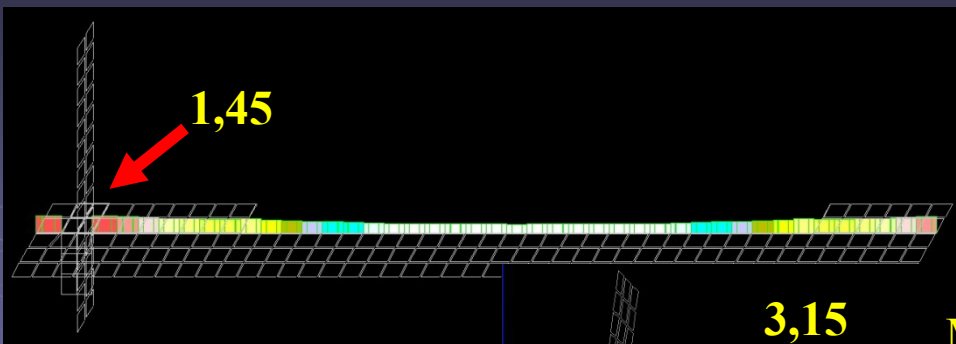
Управление шкалами

Применить Сохранить

Фрагментировать Закреть

Расчетное значение поперечного армирования балки. Фрагмент.

Модель 1 (стержни) ASW1



Вкл.

<input checked="" type="checkbox"/>	0	0,11
<input checked="" type="checkbox"/>	0,11	0,21
<input checked="" type="checkbox"/>	0,21	0,32
<input checked="" type="checkbox"/>	0,32	0,42
<input checked="" type="checkbox"/>	0,42	0,52
<input checked="" type="checkbox"/>	0,52	0,62
<input checked="" type="checkbox"/>	0,62	0,73
<input checked="" type="checkbox"/>	0,73	0,83
<input checked="" type="checkbox"/>	0,83	0,93
<input checked="" type="checkbox"/>	0,93	1,03
<input checked="" type="checkbox"/>	1,03	1,14
<input checked="" type="checkbox"/>	1,14	1,24
<input checked="" type="checkbox"/>	1,24	1,34
<input checked="" type="checkbox"/>	1,34	1,45

Управление шкалами

Применить Сохранить

Фрагментировать Закрыть

Модель 2 (балка-стенка 300x300 мм) AS1



<input checked="" type="checkbox"/>	0,89	1,12
<input checked="" type="checkbox"/>	1,12	1,34
<input checked="" type="checkbox"/>	1,34	1,56
<input checked="" type="checkbox"/>	1,56	1,79
<input checked="" type="checkbox"/>	1,79	2,01
<input checked="" type="checkbox"/>	2,01	2,23
<input checked="" type="checkbox"/>	2,23	2,46
<input checked="" type="checkbox"/>	2,46	2,68
<input checked="" type="checkbox"/>	2,68	2,91
<input checked="" type="checkbox"/>	2,91	3,13

Управление шкалами

Применить Сохранить

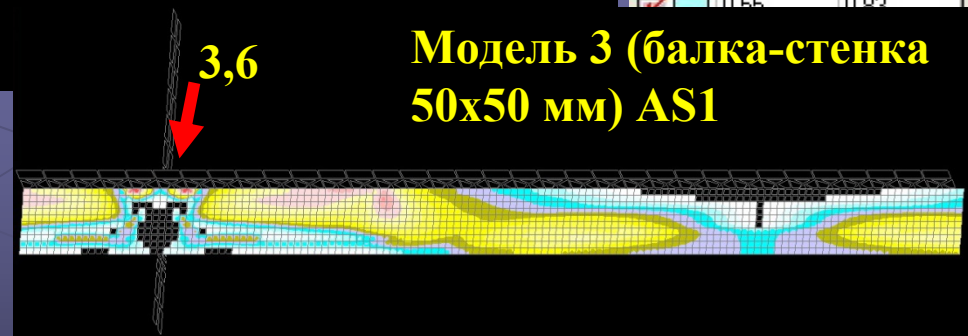
Фрагментировать Закрыть

AS1 Нижняя по X

Вкл. Дополнительное армирование

<input checked="" type="checkbox"/>	0,000000	0,28
<input checked="" type="checkbox"/>	0,28	0,55
<input checked="" type="checkbox"/>	0,55	0,82

Модель 3 (балка-стенка 50x50 мм) AS1



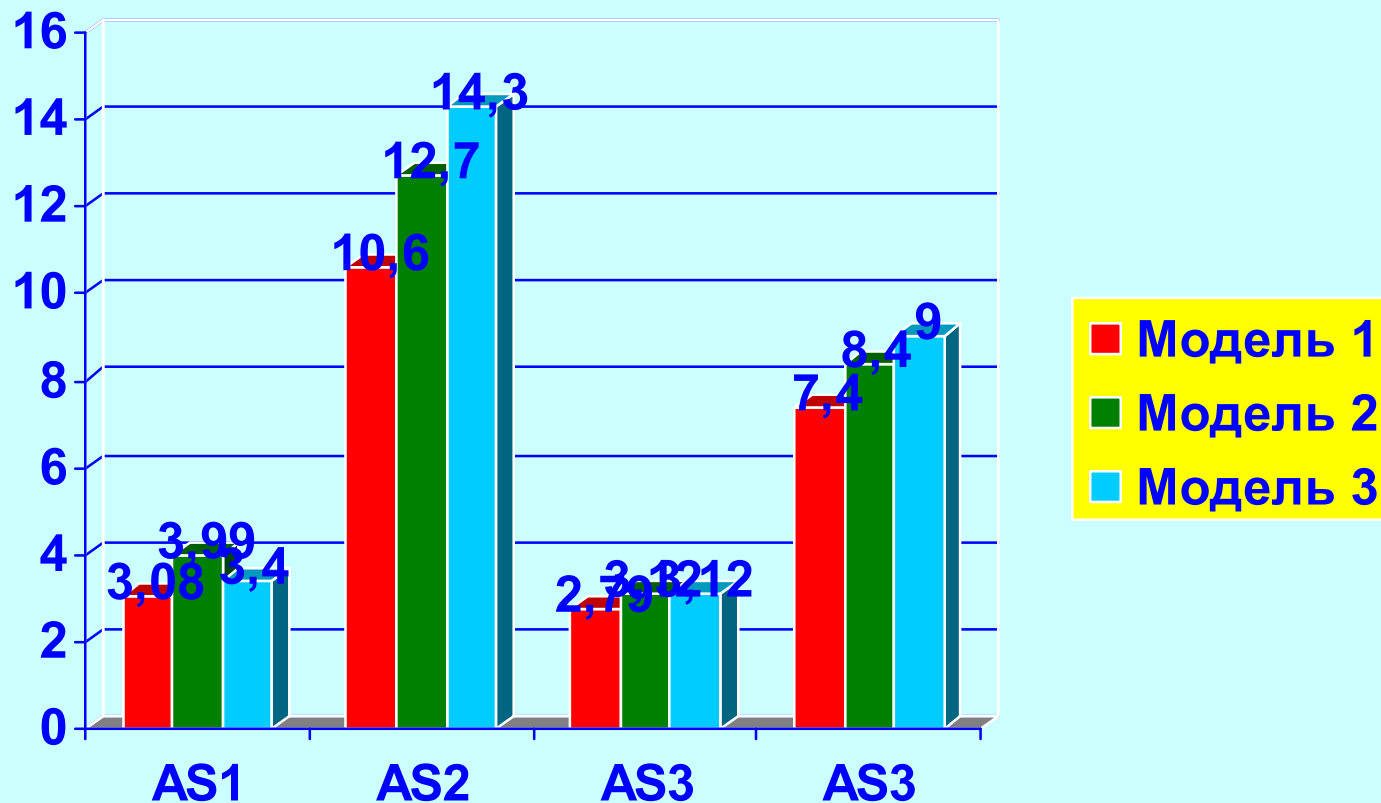
<input checked="" type="checkbox"/>	3,05	3,33
<input checked="" type="checkbox"/>	3,33	3,61
<input checked="" type="checkbox"/>	3,61	3,88

Управление шкалами

Применить Сохранить

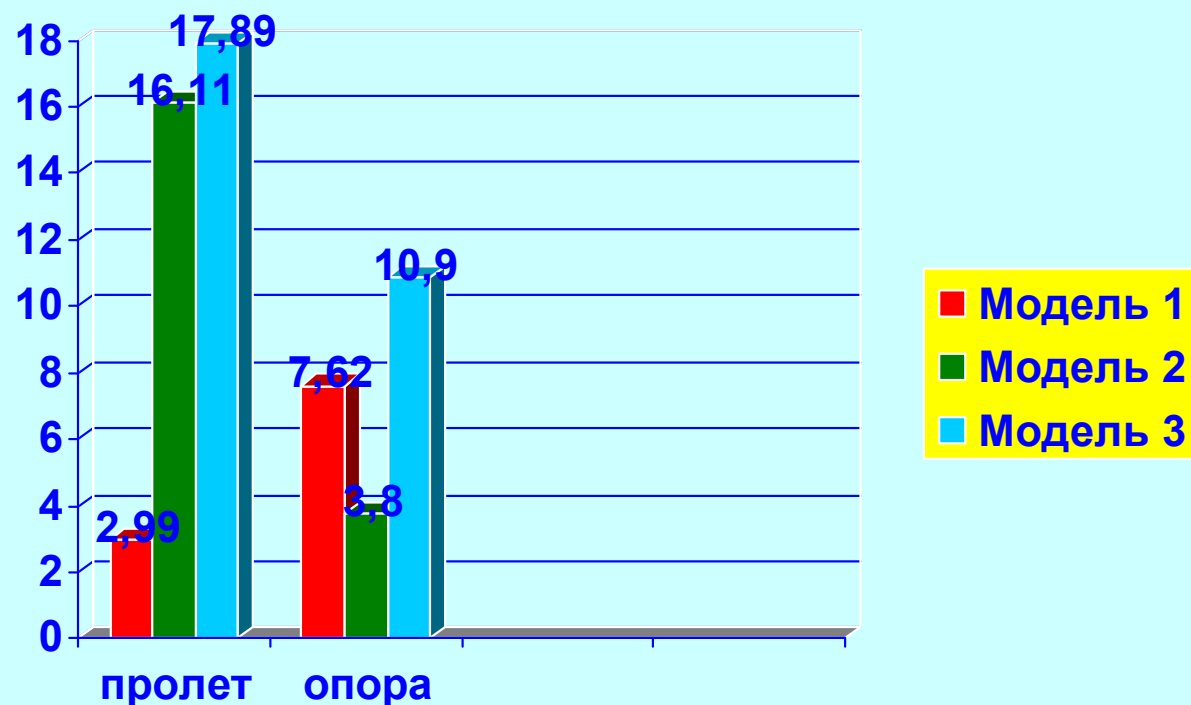
Фрагментировать Закрыть

Расчетные значения армирования перекрытия по видам моделей см²/м



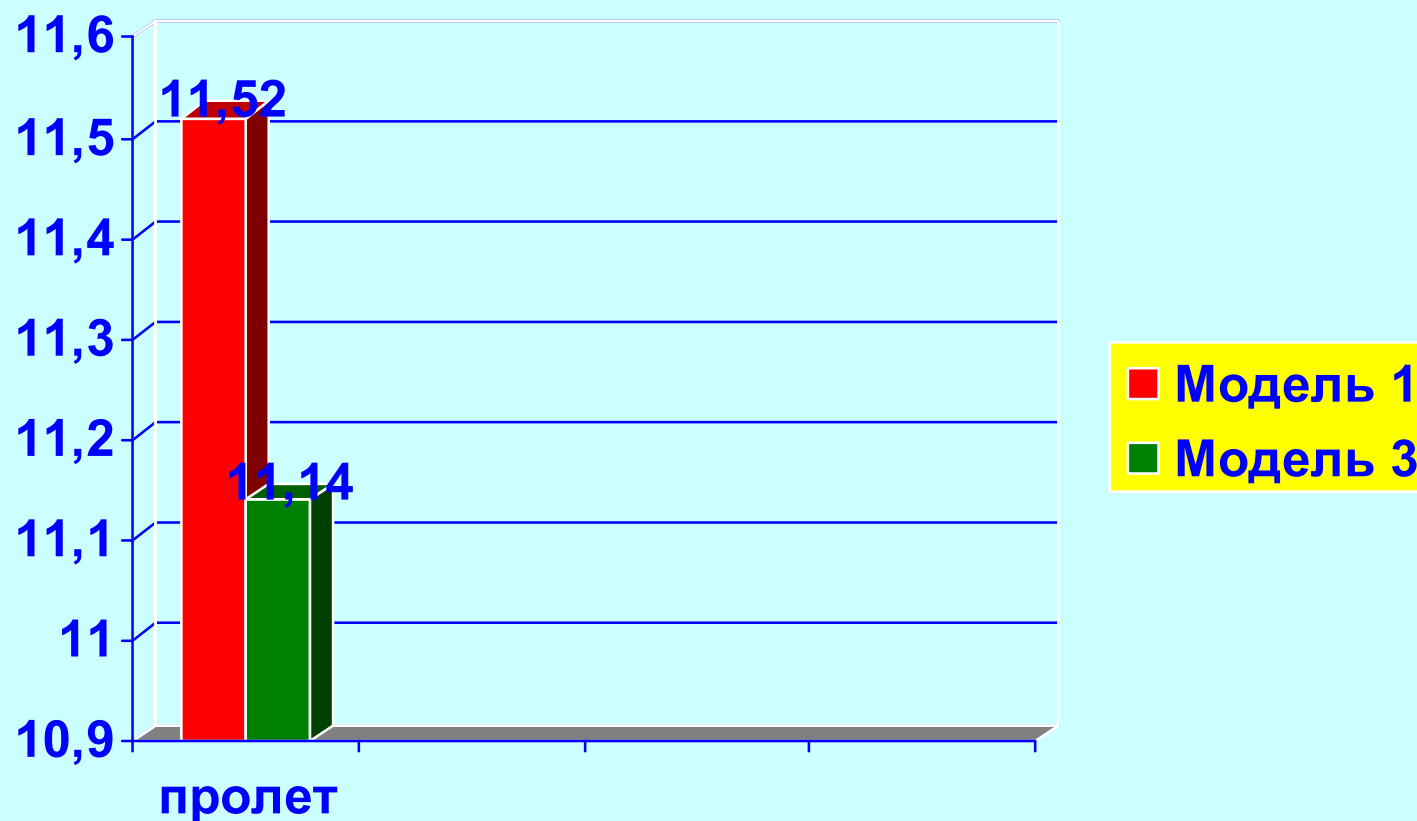
№ модели	AS1	AS2	AS3	AS4
1	3,08	10,6	2,79	7,40
2	3,99	12,7	3,12	8,40
3	3,40	14,3	3,12	9,00

Расчетные значения армирования балки по видам моделей



№ модели	пролет	опора
1 (у нижней грани балки)	2,99 см² 2Ø16=4,02 см²	7,62 см² 2Ø22=7,60 см²
2 (у одной боковой плоскости)	16,11 см²/м Ø20/200=15,71 см²/м	3,80 см²/м Ø10/200=3,93 см²/м
3 (у одной боковой плоскости)	17,89 см²/м Ø22/200=19,00 см²/м	10,90 см²/м Ø16/200=10,05 см²/м

Расчетные значения деформаций перекрытия (Z) по видам моделей



Расчетные значения деформаций перекрытия (Z) модели №3 = 11,14 мм (100%)

Расчетные значения деформаций перекрытия (Z) модели №1 = 11,52 мм (103,4%)

Расчет прочности железобетонных изгибаемых элементов (СП63.13330.2012)

Расчет изгибаемых элементов

8.1.8 Расчет по прочности сечений изгибаемых элементов производят из условия

$$M \leq M_{ult}, \quad (8.3)$$

где M – изгибающий момент от внешней нагрузки:

M_{ult} – предельный изгибающий момент, который может быть воспринят сечением элемента.

8.1.9 Значение M_{ult} для изгибаемых элементов прямоугольного сечения (рисунок 8.1) при $\xi = \frac{x}{h_0} \leq \xi_R$ определяют по формуле

$$M_{ult} = R_b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a'), \quad (8.4)$$

при этом высоту сжатой зоны x определяют по формуле

$$x = \frac{R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A'_s}{R_b \cdot b}. \quad (8.5)$$

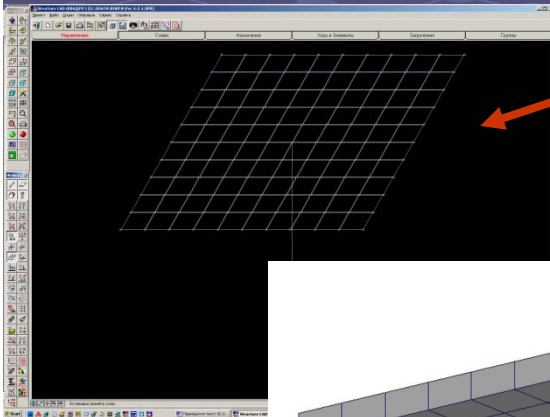
**Несущая способность СЕЧЕНИЯ в целом(!!!)
конструктивного элемента**

ВЫВОДЫ

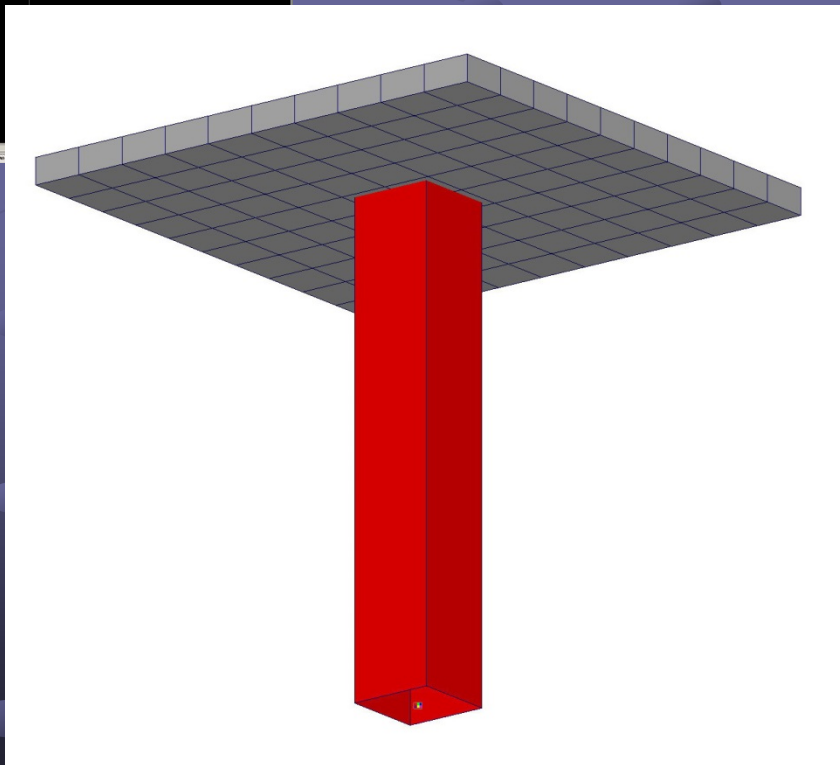
по теме моделирования балочного перекрытия

- 1. Моделирование балок с использованием КЭ типа «оболочка» позволяет:**
 - получить более точные результаты НДС в плите перекрытия (напряжения, деформации, расчетное армирование). Основание – лучшая согласованность однородных КЭ;
 - расчетные параметры армирования балки не соответствуют нормативным условиям равновесия железобетонного сечения так как модуль армирования рассчитывает сечение только в пределах одного КЭ, представляющего **часть сечения** конструктивного элемента «БАЛКА».
- 2. Моделирование балок с использованием КЭ типа «стержень» позволяет** получить более точные результаты параметров армирования балки. Основание – расчет армирования балки как **единого сечения** со сжатой и растянутой зонами.

Стыковка разнородных КЭ – Стержень + пластина. Монолитные железобетонные безригельные перекрытия с бескапитальным стыком.



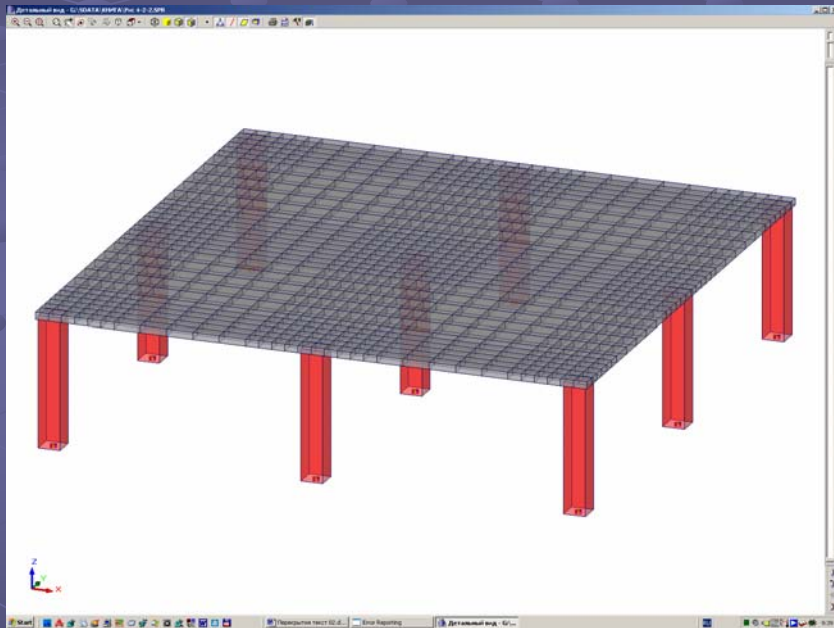
Тривиальная модель безригельного перекрытия с бескапитальным стыком.



«Опасности»:

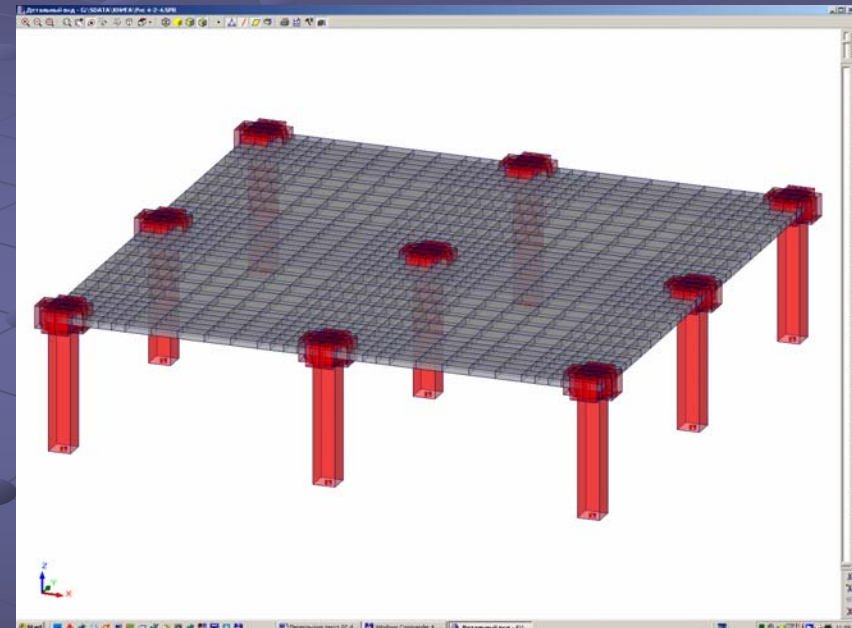
- Реакция опирания пластины на колонну – суть сосредоточенная сила, приложенная в узел системы КЭ. Метод КЭ не дает удовлетворительного решения;
- Угол поворота UZ1 в КЭ пластин не полностью определен – возможен взаимный «поворот» стержня и пластины.

Стыковка разнородных КЭ – Стержень + пластина. Монолитные железобетонные безригельные перекрытия с бескапительным стыком.



Модель тип 1

**«Тривиальный» стык стержень
+ пластина**

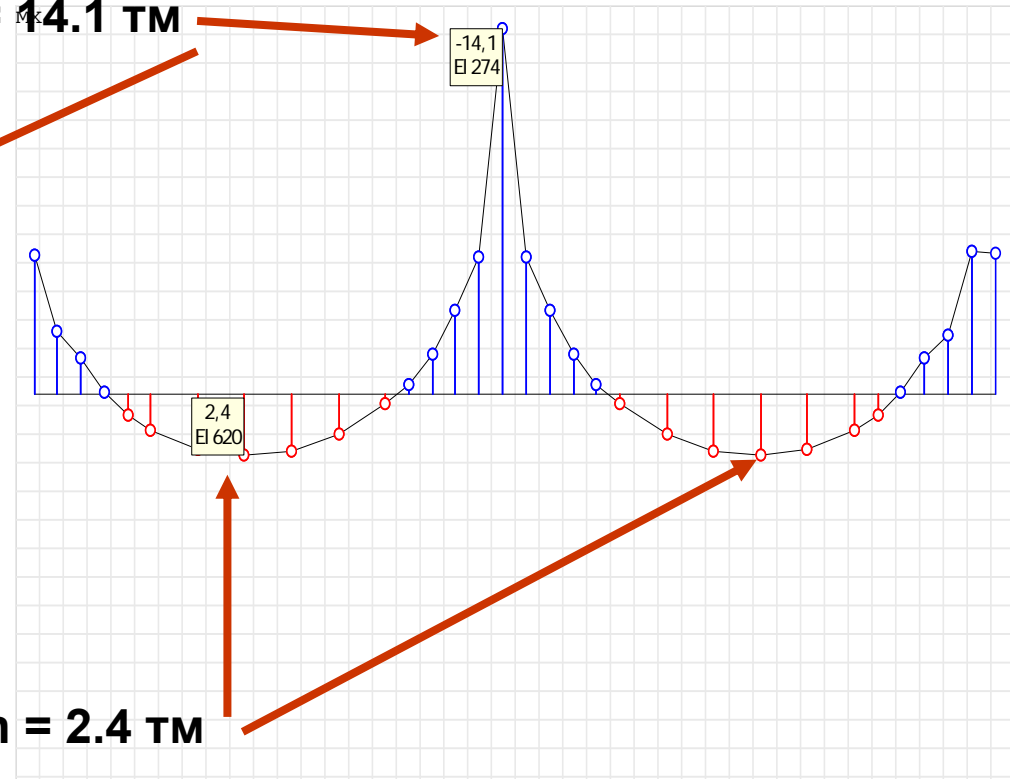
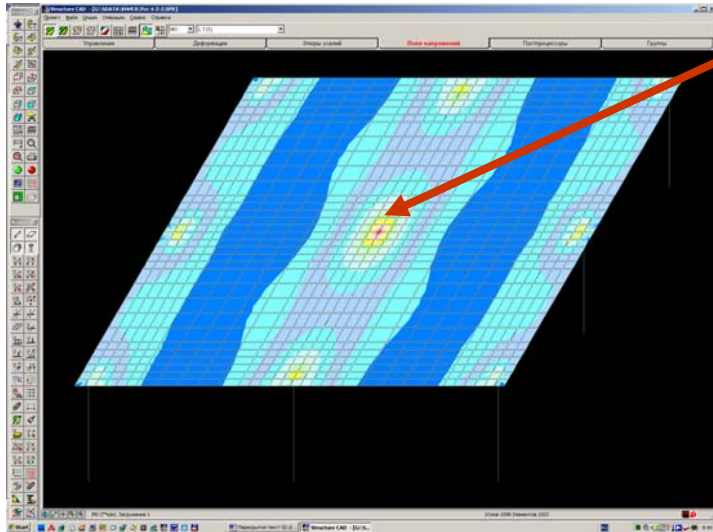


Модель тип 2

**Стык стержень + стыковочные
элементы + пластина**

Стыковка разнородных КЭ – Стержень + пластина. Монолитные железобетонные безригельные перекрытия с бескапительным стыком.

Модель тип 1. Эюры M_x max = 14.1 тм

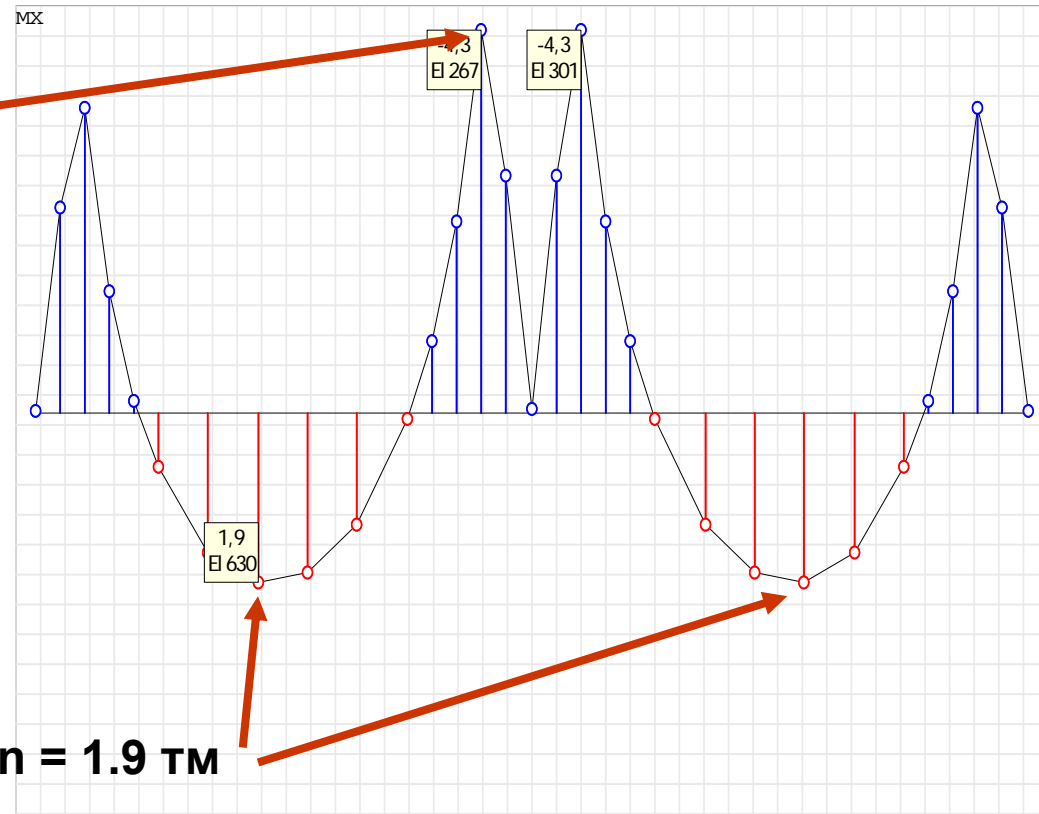
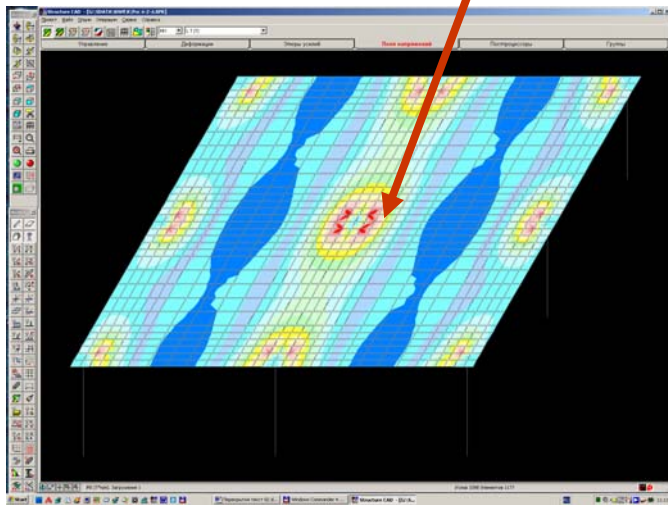


Модель тип 1. Эюры M_x min = 2.4 тм

Стыковка разнородных КЭ – Стержень + пластина. Монолитные железобетонные безригельные перекрытия с бескапитальным стыком.

Модель тип 2

Эпюры M_x max = 4,3 тм

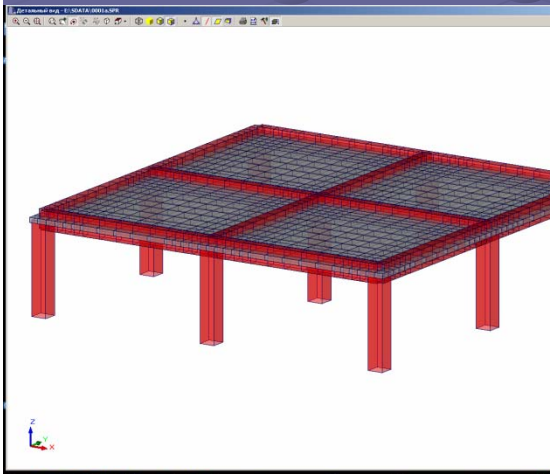


Модель тип 2. Эпюры M_x min = 1.9 тм

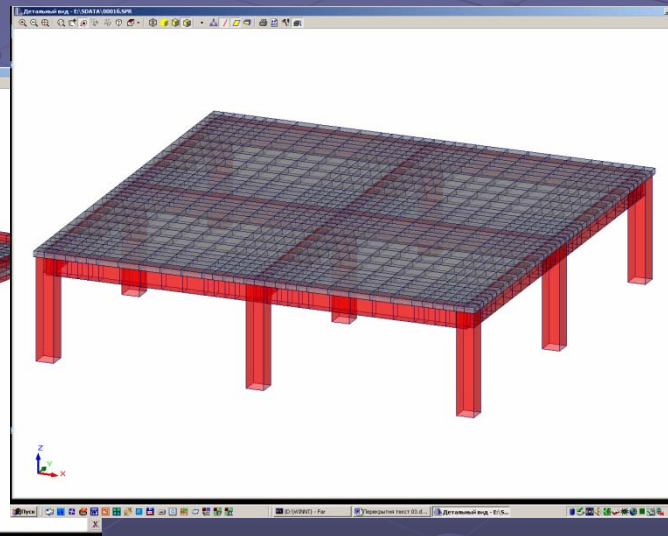
Геометрическое моделирование. Монолитные железобетонные балочные перекрытия.

Тестовые задачи:

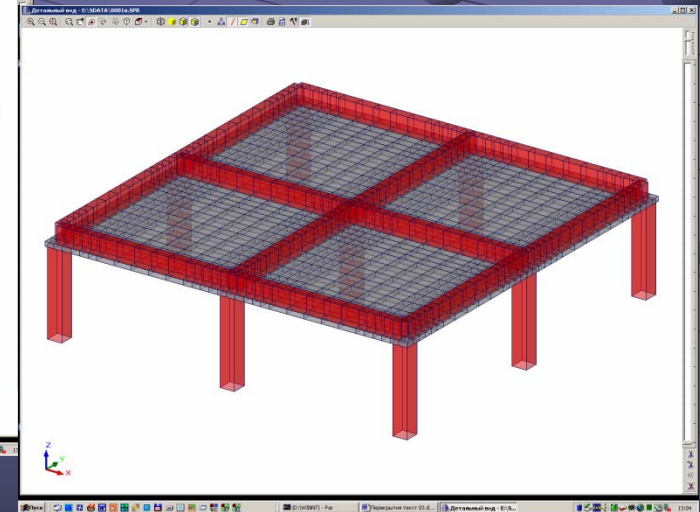
- Оси балки и плиты совпадают (модель тип 1);
- Балка расположена под перекрытием (модель тип 2);
- Балка расположена над перекрытием («балка вверх») (модель тип 3).



Модель тип 1



Модель тип 2

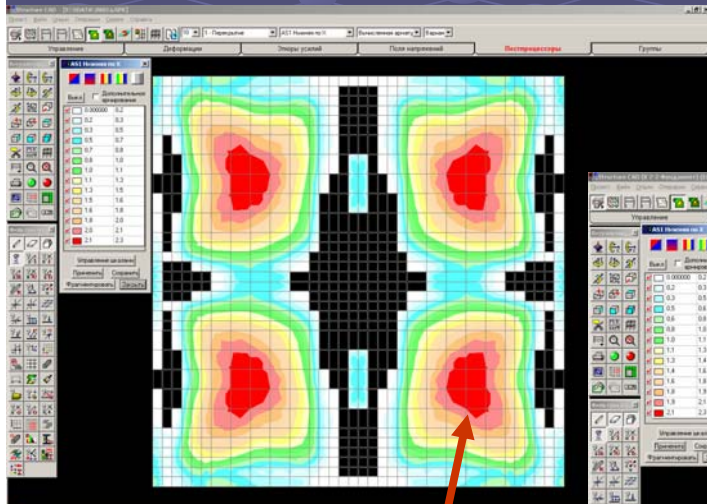


Модель тип 3

Оценка несущей способности и требуемого усиления существующей железобетонной плиты перекрытия с использованием инструментов SCAD

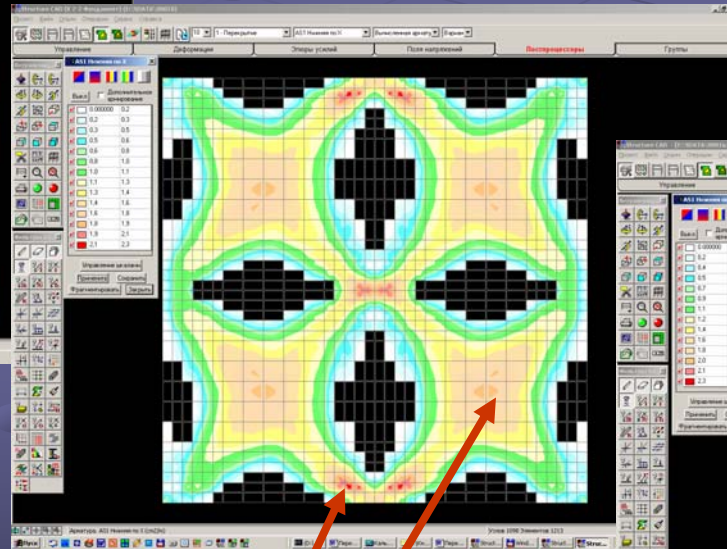
Геометрическое моделирование. Монолитные железобетонные балочные перекрытия.

Расчетное значение нижнего армирования по X.



Модель тип 1

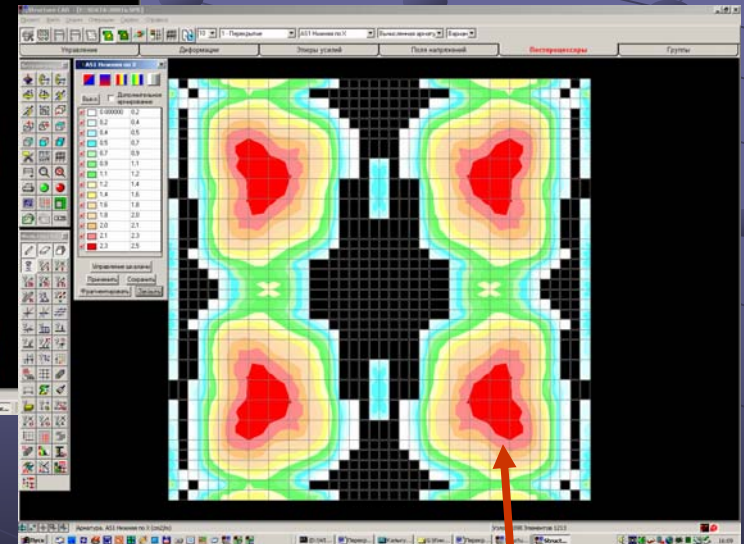
As1 max=2.3 см²



Модель тип 2

As1 max=2.3 см²

As1 пролет=1.4 см²



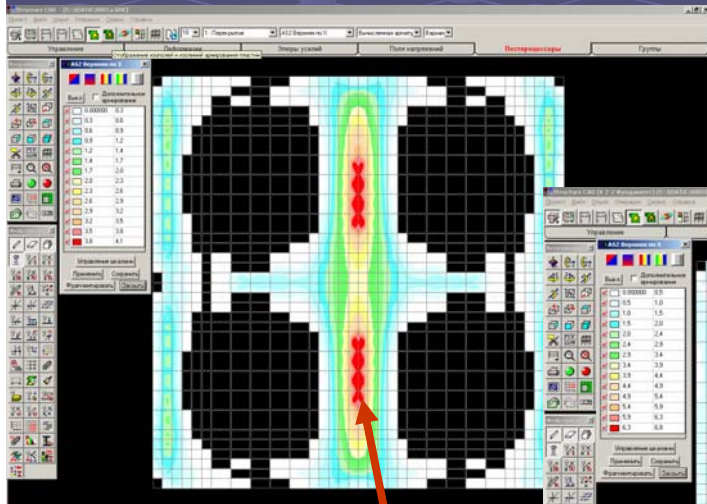
Модель тип 3

As1 max=2.5 см²

Оценка несущей способности и требуемого усиления существующей железобетонной плиты перекрытия с использованием инструментов SCAD

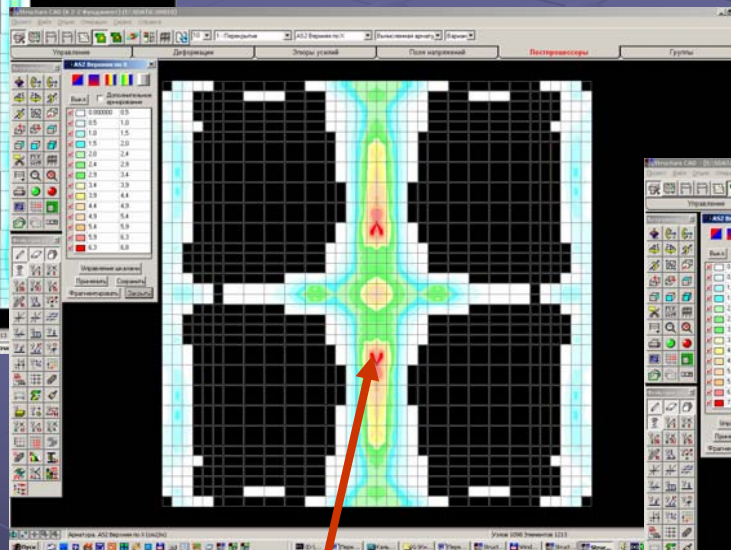
Геометрическое моделирование. Монолитные железобетонные балочные перекрытия.

Расчетное значение верхнего армирования по X.



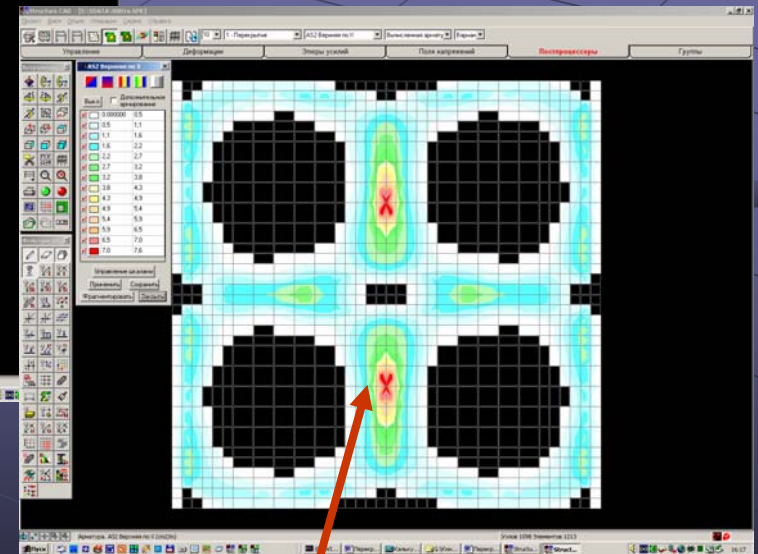
Модель тип 1

$A_{s2} \max = 4,1 \text{ см}^2$



Модель тип 2

$A_{s1} \max = 6,8 \text{ см}^2$

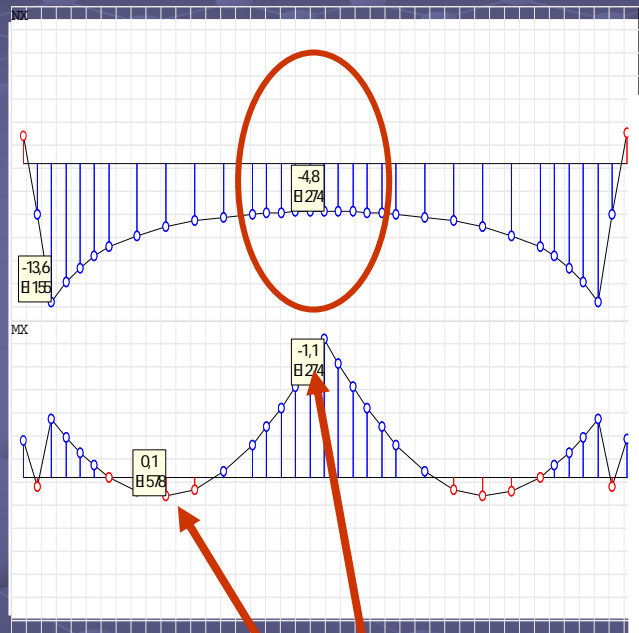


Модель тип 3

$A_{s1} \max = 7,6 \text{ см}^2$

Геометрическое моделирование. Монолитные железобетонные балочные перекрытия.

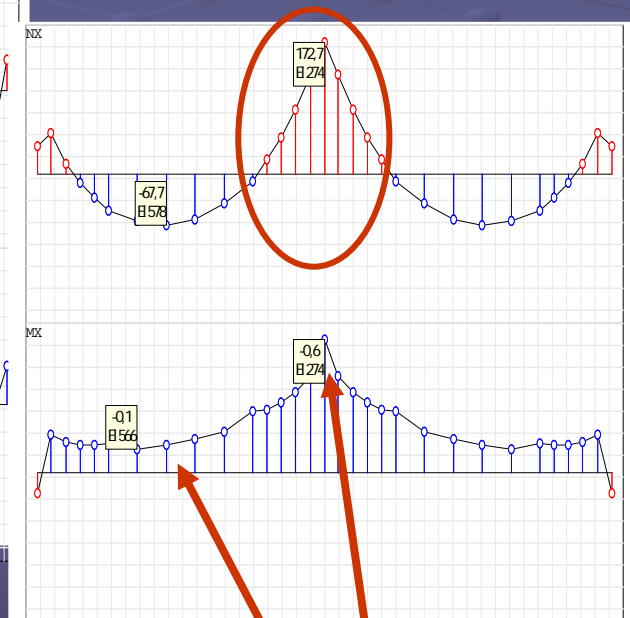
Расчетное значение N_x и M_x в
перекрытии



Модель тип 1

$M_x(\text{пролет})=0,1 \text{ тм};$

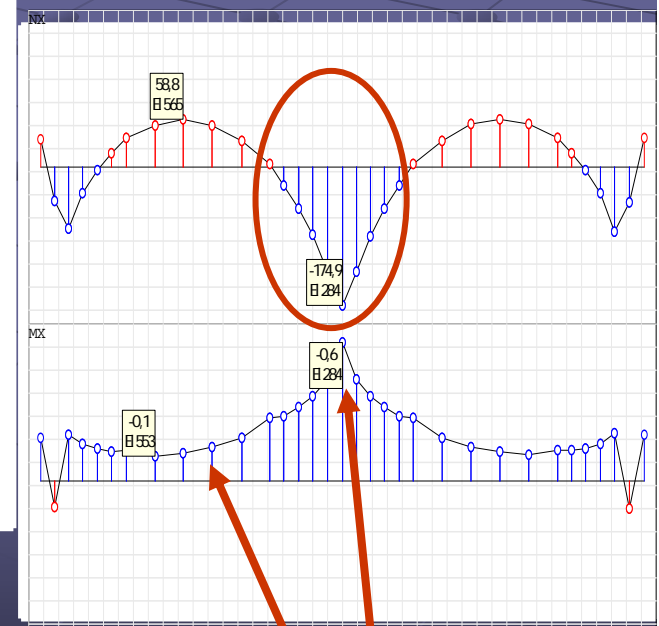
$M_x(\text{опора})=-1,1 \text{ тм};$



Модель тип 2

$M_x(\text{пролет})=-0,1 \text{ тм};$

$M_x(\text{опора})=-0,6 \text{ тм};$



Модель тип 3

$M_x(\text{пролет})=-0,1 \text{ тм};$

$M_x(\text{опора})=-0,6 \text{ тм};$

Геометрическое моделирование. Монолитные железобетонные балочные перекрытия.

Эпюры M_u в балке.

Модель тип 1

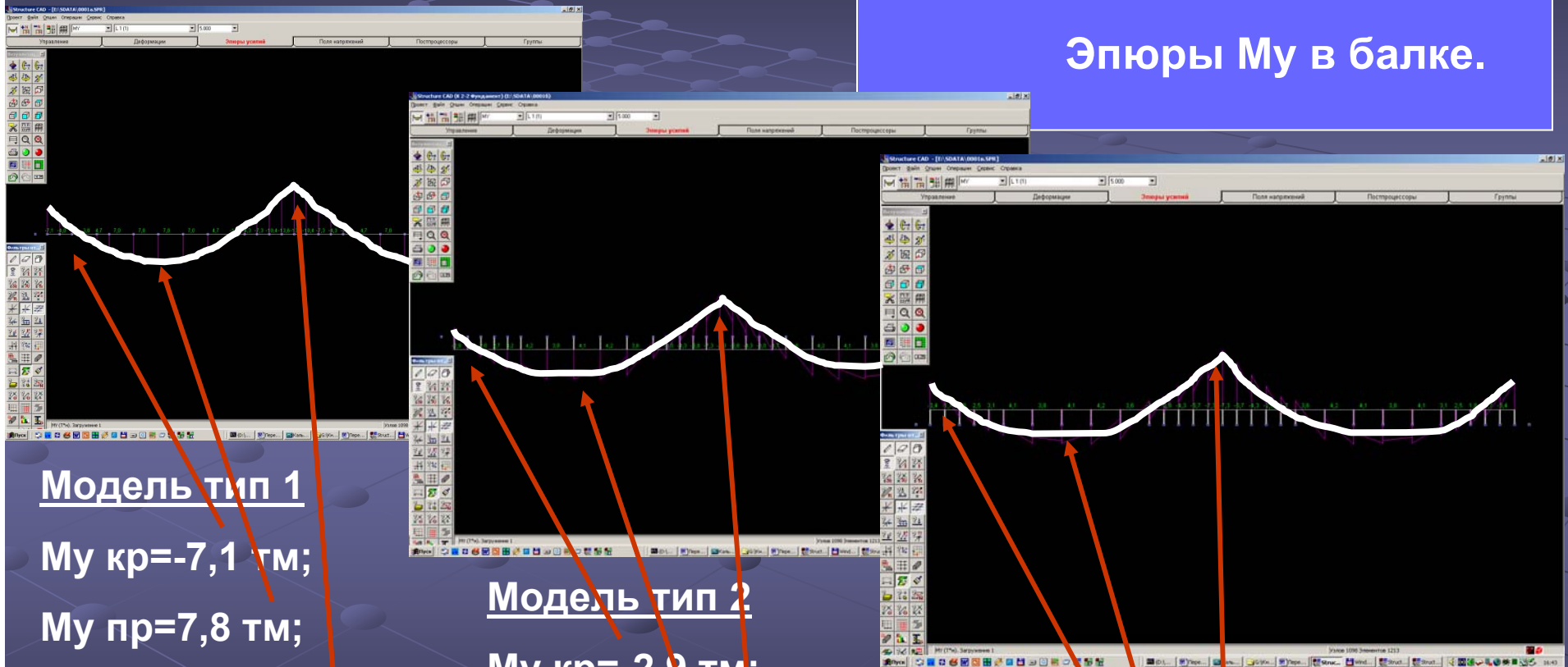
M_u кр=-7,1 тм;
 M_u пр=7,8 тм;
 M_u ср=-13,6 тм.

Модель тип 2

M_u кр=-2,9 тм;
 M_u пр=4,2 тм;
 M_u ср=-7,3 тм.

Модель тип 3

M_u кр=-3,4 тм;
 M_u пр=4,1 тм;
 M_u ср=-7,3 тм.

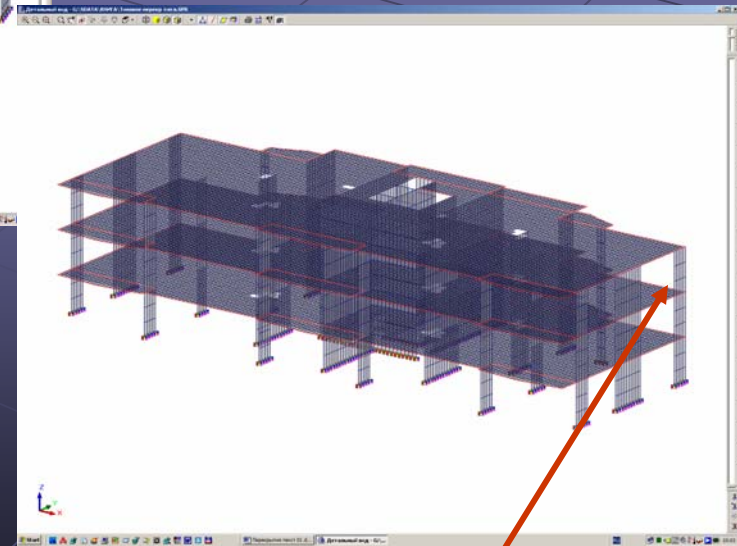
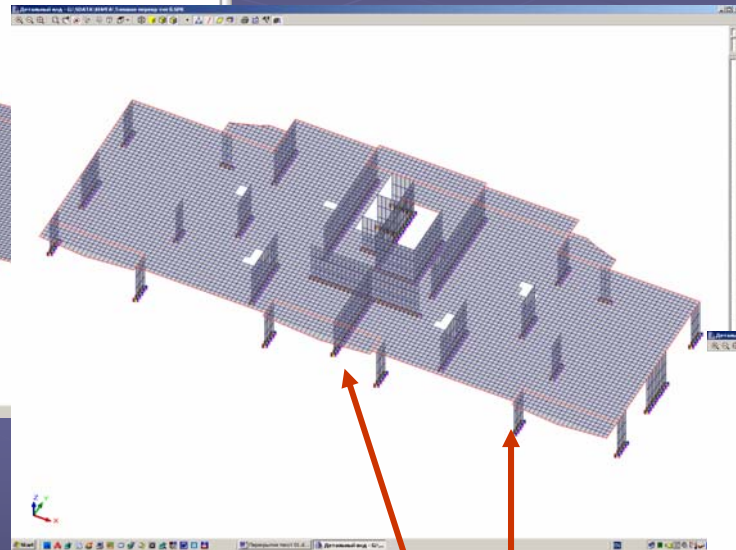
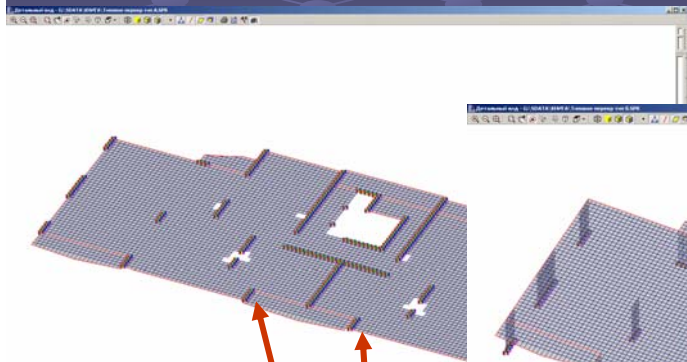


Геометрическое моделирование.

Монолитные железобетонные безригельные перекрытия.
Учет условий деформирования элементов перекрытия в расчетной модели

Модель тип 3

Комбинация из 3-х типовых этажей здания с вертикальными несущими конструкциями.



Модель тип 1

Жесткое закрепление узлов перекрытия.

Модель тип 2

Опираие перекрытия на стены нижнего яруса.

Исследуемое перекрытие

Оценка несущей способности и требуемого усиления существующей железобетонной плиты перекрытия с использованием инструментов SCAD

Геометрическое моделирование.

Монолитные железобетонные безригельные перекрытия.
Учет условий деформирования элементов перекрытия в расчетной модели

Расчетное значение нижнего армирования по X.



Модель тип 1
 $A_{s1 \max} = 7.6 \text{ cm}^2$

Модель тип 2
 $A_{s1 \max} = 9.6 \text{ cm}^2$

Модель тип 3
 $A_{s1 \max} = 8.7 \text{ cm}^2$

Оценка несущей способности и требуемого усиления существующей железобетонной плиты перекрытия с использованием инструментов SCAD

Геометрическое моделирование.

Монолитные железобетонные безригельные перекрытия.
Учет условий деформирования элементов перекрытия в расчетной модели

Расчетное значение верхнего армирования по X.

Модель тип 1

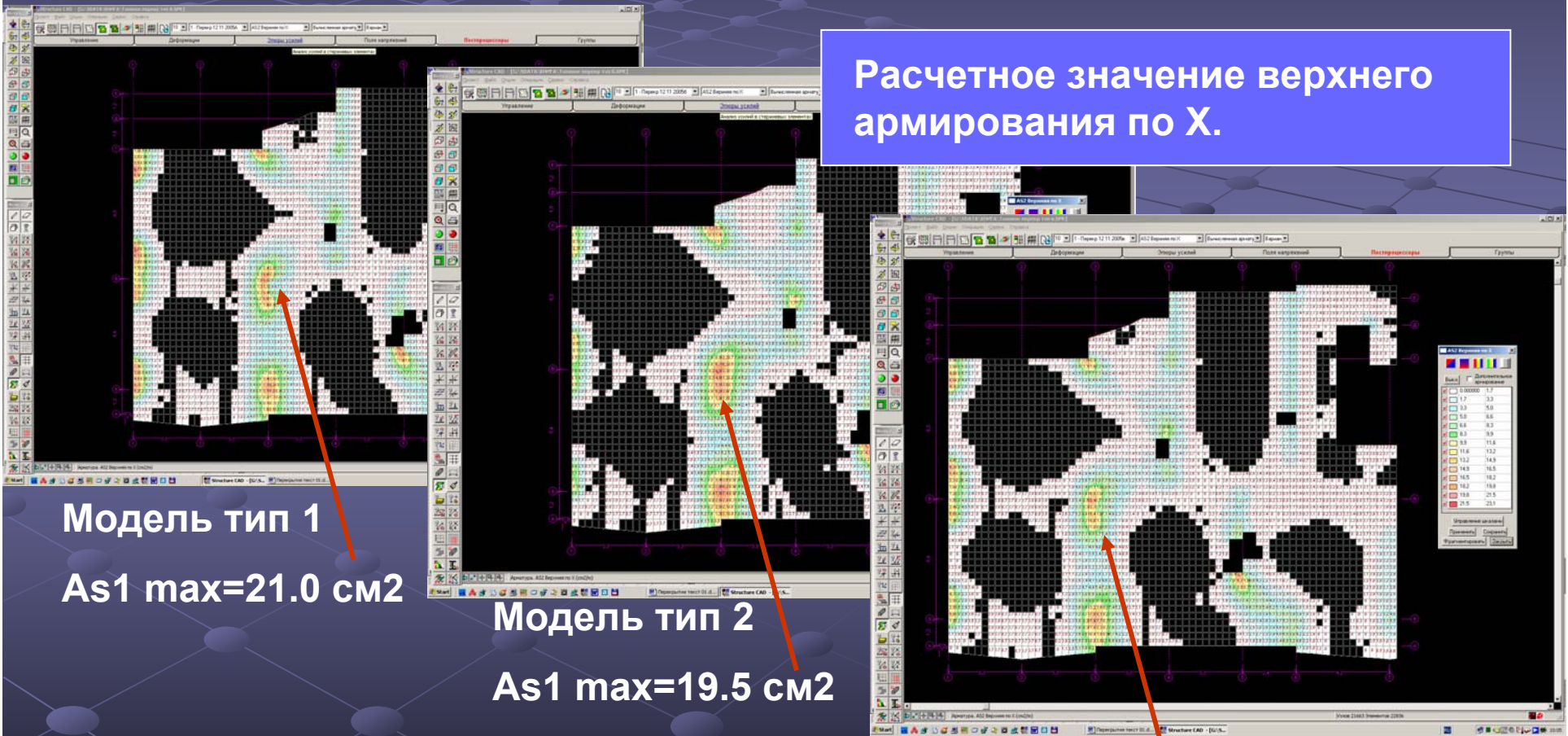
$A_{s1} \max = 21.0 \text{ см}^2$

Модель тип 2

$A_{s1} \max = 19.5 \text{ см}^2$

Модель тип 3

$A_{s1} \max = 23.1 \text{ см}^2$



Геометрическое моделирование.

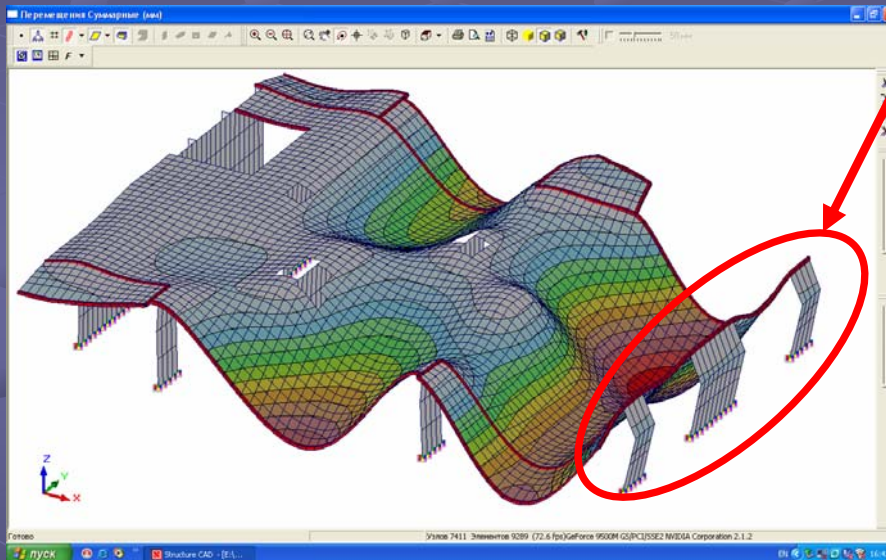
Монолитные железобетонные безригельные перекрытия.
Учет условий деформирования элементов перекрытия в расчетной модели

Тип модели	Нижн. по X	армир. (max)	Верх. по X	армир. (max)	Верх. по X	армир. (крайняя опора)
	см ²	%	см ²	%	см ²	%
Тип 1	7,6	100	21,0	100	21,0	100
Тип 2	9,6	126,3	19,5	92,9	12,6	60,0
Тип 3	8,7	114,5	23,1	110,0	19,8	94,3

Геометрическое моделирование.

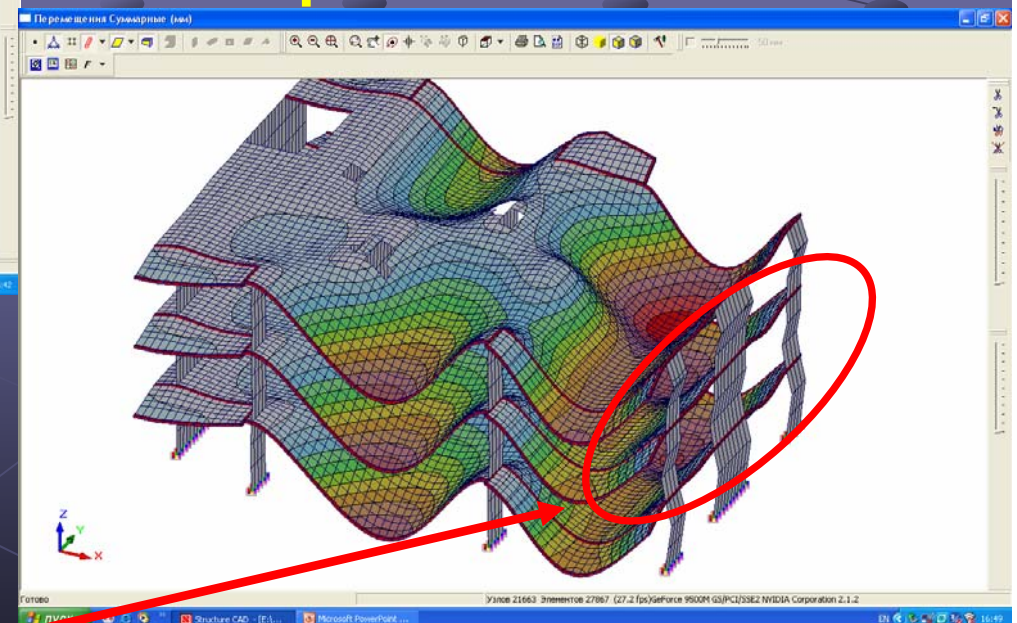
Монолитные железобетонные безригельные перекрытия.
Учет условий деформирования элементов перекрытия в расчетной модели

Мнимое улучшение
расчетной модели!
Деформируемая опора!
Перекрытие деформируется
как покрытие.



Модель тип 2

Близкие к реальным деформации опоры.



Модель тип 3