

Курс обучения

## **Расчет панельных зданий в ПК ЛИРА-САПР**

с использованием системы автоматизированного моделирования стыков  
«Панельные здания»

**40 академических часов (5 дней)**

Необходимый  
уровень знаний

*Владение ПК ЛИРА-САПР на уровне программы курса «Расчет зданий и сооружений с использованием ПК ЛИРА-САПР для начинающих пользователей»*

### **Краткая программа курса:**

- Введение: существующие методы моделирования и литература по теме.
- Определение податливости соединений и переход от них к жесткости конечных элементов в расчетных моделях панельных зданий:
  - податливость платформенного стыка при сжатии;
  - податливость платформенного стыка на сдвиг;
  - жесткость стен (панелей) для моделирования методом эквивалентных столбов;
  - вертикальная и сдвиговая жесткости платформенного стыка для КЭ-55;
  - вертикальная и сдвиговая жесткости платформенного стыка для ортотропной балки-стенки;
  - параметры диаграммы деформирования специального элемента платформенного стыка КЭ-259 при сжатии и его сдвиговая жесткость;
  - податливость соединений элементов при помощи закладных деталей и соответствующая жесткость КЭ-55.
- Сравнение различных способов моделирования на примере фрагмента здания.
- Учет этапности возведения (монтаж) на примере фрагмента здания.
- Учет изменения жесткости стыков на примере фрагмента здания.
- Сборка схемы панельного здания в препроцессоре САПФИР.
- Нагружение схемы и учет монтажа в препроцессоре САПФИР.
- Импорт схемы из САПФИР в ЛИРА-САПР.
- Упругий расчет модели. Итерации для уточнения жесткости платформенного стыка с учетом действующих напряжений в стыке.
- Шаговый расчет с уточнением жесткости платформенного стыка с учетом действующих напряжений.
- Применение системы «Инженерная нелинейность 2» (шаговый расчет с учетом этапности возведения, фиксация полученных жесткостей на финальной стадии монтажа (линеаризация модели), расчет на дополнительные кратковременные и ветровые нагрузки). Пример расчета панельных зданий совместно с конструкциями каркаса нижних нежилых этажей на фрагменте конструкции.
- Анализ результатов расчета.
- Проверка прочности стыков.
- Пример создания модели и расчета здания из объемных блоков (обзорно).
- Ответы на вопросы.

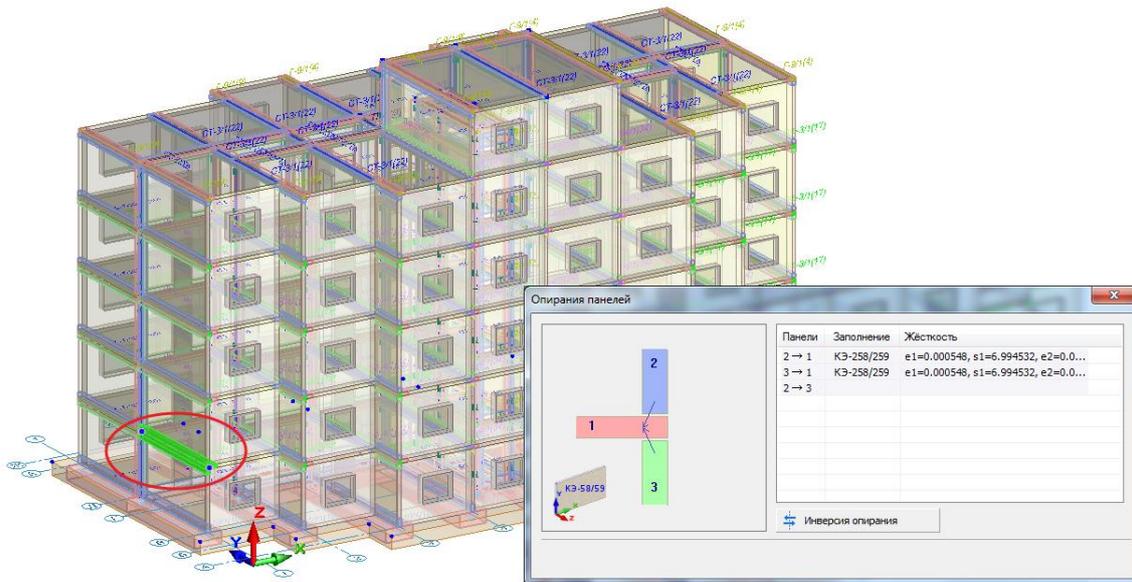


Рисунок 1. Физическая модель панельного здания в САПФИР с горизонтальными и вертикальными стыками

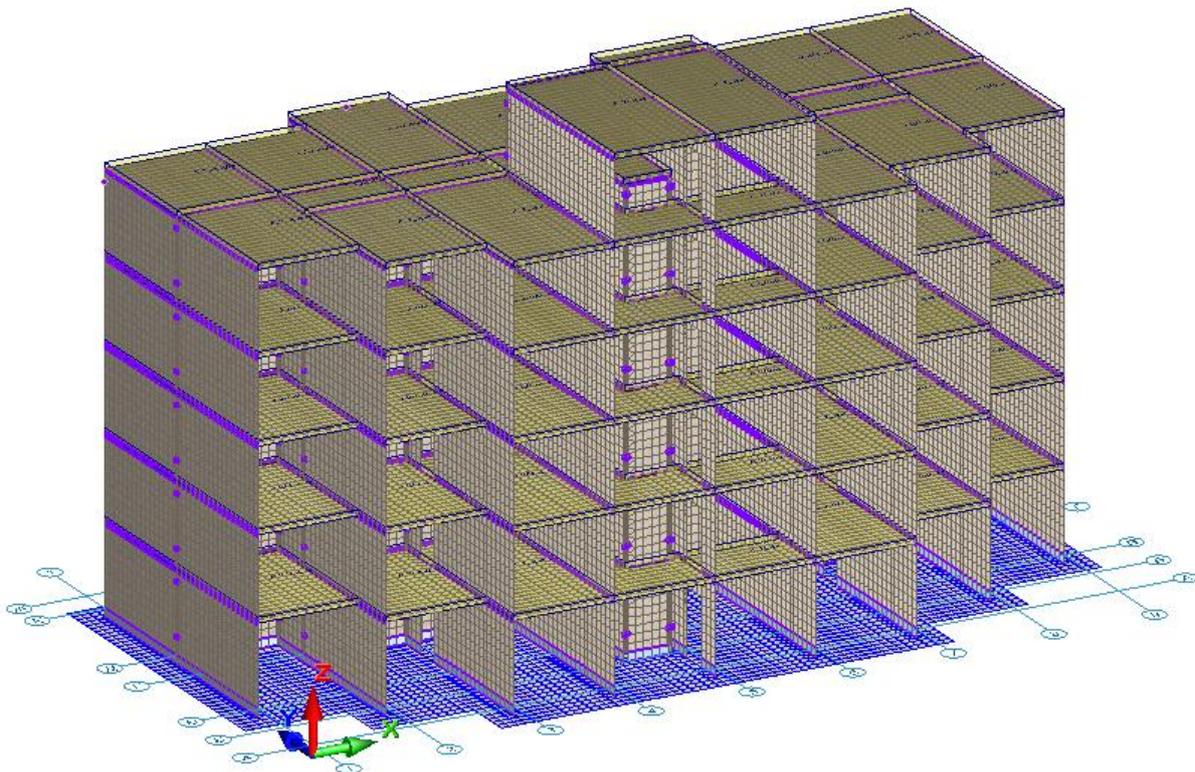


Рисунок 2. Расчетная модель панельного здания в САПФИР с горизонтальными и вертикальными стыками

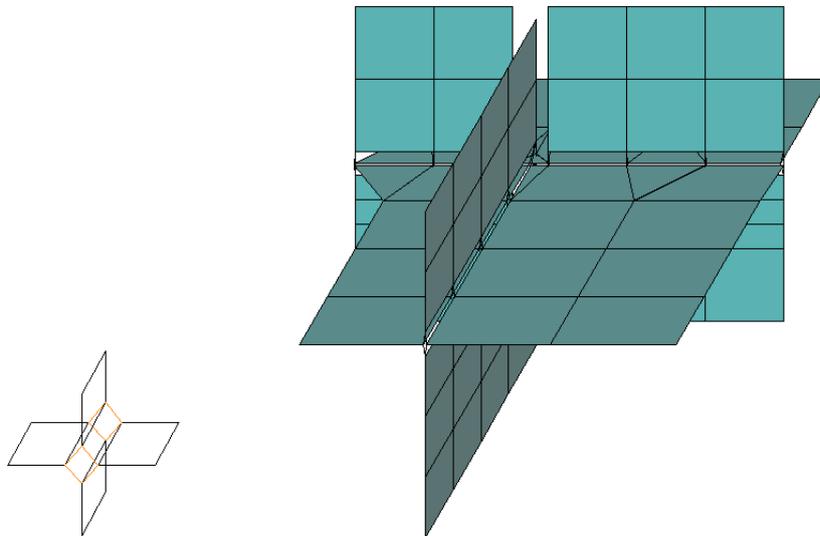


Рисунок 3. Классическая модель платформенного стыка из КЭ-55 (связь конечной жесткости)

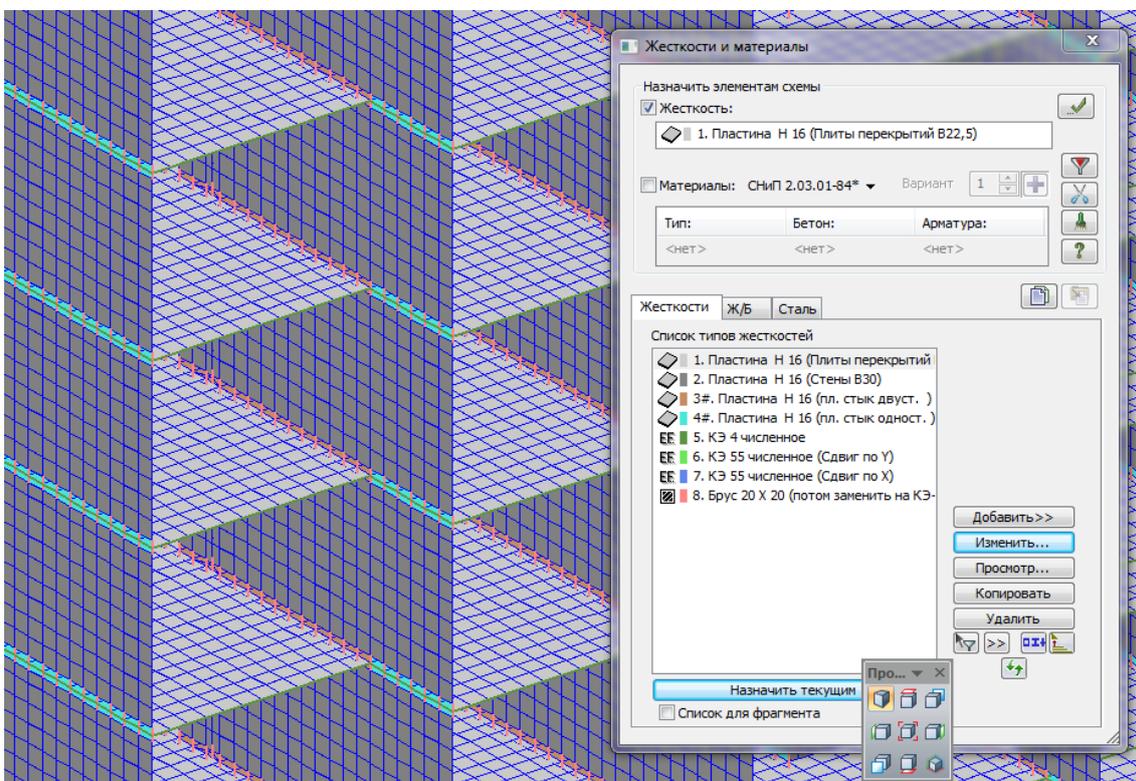


Рисунок 4. Модель платформенного стыка из КЭ-55 и ортотропных пластин.

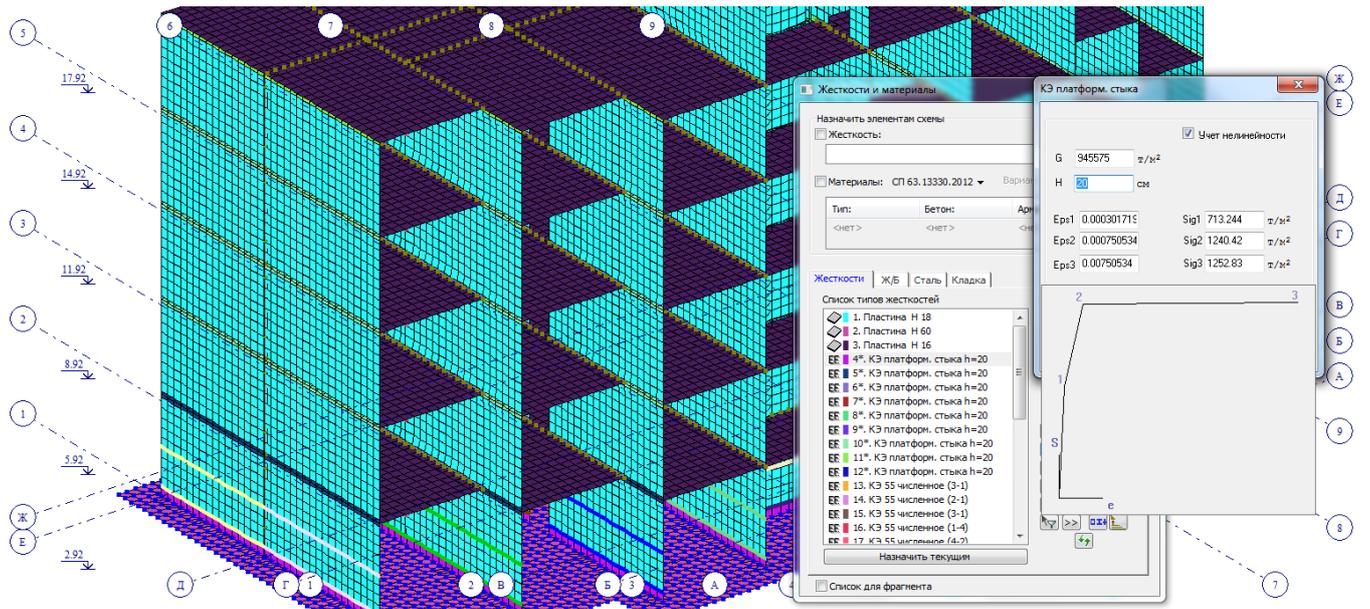


Рисунок 5. Модель платформенного стыка из специальных КЭ-259.

Геометрические параметры стыка		Схема стыка
Толщина стен $t_w$ , мм	180	
Толщина плиты $h_{pl}$ , мм	160	
Толщина нижнего шва $t_{mн}$ , мм	20	
Толщина верхнего шва $t_{mв}$ , мм	20	
Зазор в стыке $\delta$ , мм	20	
Материалы		
	Плита	Раствор
Класс/марка	B20	M150
Модуль деформаций $E$ , МПа	27500	19500
Модуль сдвига $G$ , МПа	11000	7800
Коэффициент ползучести $\varphi$	2,8	1

Примечание. Модуль сдвига раствора может быть принят как модуль сдвига для мелкозернистого бетона ближайшего класса по прочности.

### Расчет

#### Определение податливости платформенного стыка при сжатии

Коэффициенты податливости растворных швов (формула 9 стр. 278 [2]):

при  $\sigma_m \leq 1.15R_m^{2/3}$ :

$$\lambda_{mн}^+ = \lambda_{mн}^- = 1.5 \cdot 10^{-3} \cdot R_m^{-2/3} \cdot t_{mн} = 1.5 \cdot 10^{-3} \cdot 15^{-2/3} \cdot 20 = 0,005 \text{ мм}^2/\text{Н}$$

при  $\sigma_m > 1.15R_m^{2/3}$ :

$$\lambda_{mн}^+ = \lambda_{mн}^- = 5 \cdot 10^{-3} \cdot R_m^{-2/3} \cdot t_{mн} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 15^{-2/3} \cdot 20 = 0,017 \text{ мм}^2/\text{Н}$$

Коэффициент податливости платформенного стыка (формула 6 стр. 278 [2]):

при  $\sigma_m \leq 1.15R_m^{2/3}$ :

$$\lambda_{срп1} = \left( \lambda_{mн}^+ + \lambda_{mн}^- + \frac{h_{pl}}{E_{p1}} \right) \frac{A}{A_{p1}} = \left( 0,005 + 0,005 + \frac{160}{27500} \right) \frac{180}{(180 - 20)} = 0,018 \text{ мм}^2/\text{Н}$$

при  $\sigma_m > 1.15R_m^{2/3}$ :

$$\lambda_{срп1} = \left( \lambda_{mн}^+ + \lambda_{mн}^- + \frac{h_{pl}}{E_{p1}} \right) \frac{A}{A_{p1}} = \left( 0,017 + 0,017 + \frac{160}{27500} \right) \frac{180}{(180 - 20)} = 0,045 \text{ мм}^2/\text{Н}$$

Рисунок 6. Определение податливости платформенного стыка.

**Исходные данные:**

Класс бетона плиты/стены	В25
Влажность воздуха	40-75
Ширина накладки $b_n$ , мм	70
Длина накладки в свету между сварными швами $l_n$ , мм	50
Толщина накладки $t_n$ , мм	6
Диаметр арматурных стержней перпендикулярных направлению сдвига $d$ , мм	10
Кол-во стержней в закладной детали перпендикулярных	2
Диаметр арматурных стержней направленных вдоль сдвига $d$ , мм	10
Кол-во стержней направленных вдоль сдвига $n$ , штук	2
Угол между осью стержня и направлением сдвига в плане, град	30

**Характеристики:**

Начальный модуль упругости $E_0$ , МПа	30000
Коэффициент ползучести $\varphi_b, cг$	2.5
Длительный модуль упругости $E_0, t$ , МПа	8571
Модуль упругости материала накладки $E$ , МПа	2.00E+05
Модуль сдвига материала накладки $G$ , МПа	7.69E+04
Площадь поперечного сечения накладки $A_n$ , мм <sup>2</sup>	420

**Расчет:**

Податливость стержня I сдвигу при кратковременном нагружении $\lambda$ , мм/Н	2.00E-05
Податливость стержня I при длительном нагружении $\lambda_t$ , мм/Н	2.00E-05
Податливость стержня II сдвигу при кратковременном нагружении $\lambda$ , мм/Н	5.77E-06
Податливость стержня II при длительном нагружении $\lambda_t$ , мм/Н	2.02E-05
Податливость закладной детали при кратковременном нагружении $\lambda_{сд}$ , мм/Н	2.24E-06
Податливость закладной детали при длительном нагружении $\lambda_{сд}$ , мм/Н	7.84E-06
Податливость пластины $\lambda_{пл}$ , мм/Н	5.95E-07
Податливость соединения $\lambda_{соед}$ при кратковременном нагружении, мм/Н	5.08E-06
Податливость соединения $\lambda_{соед, t}$ при длительном нагружении, мм/Н	1.63E-05
Жесткость соединения при кратковременном нагружении $R=1/\lambda_{соед}$ , Н/мм	197028
Жесткость соединения при длительном нагружении $R_t=1/\lambda_{соед, t}$ , Н/мм	61441

Податливость пластины при усилки вдоль определим из закона Гука для растяжения в общем виде  $\Delta l=N/E A$  или  $\lambda_{прод}=\Delta l/N= l/E A$

Коэффициенты податливости  $\lambda$  соединения, состоящего из системы сосредоточенных связей, определяют по формулам: в случае последовательного расположения связей

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i; \quad (1)$$

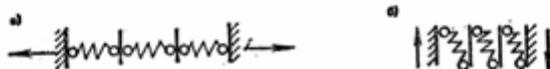


Рисунок 7. Вычисление жесткости связи по закладным вдоль пластины.

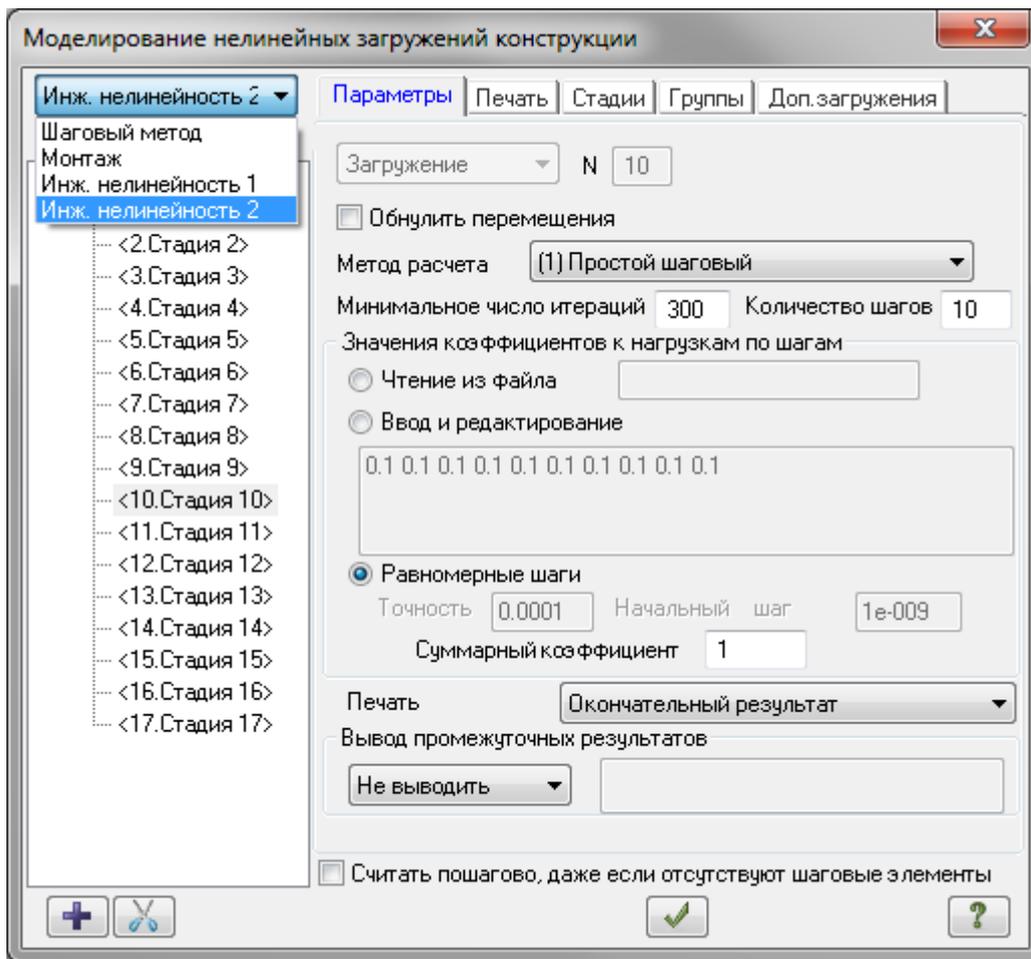


Рисунок 8. Меню задания поэтапности возведения для системы «Инженерная нелинейность 2».

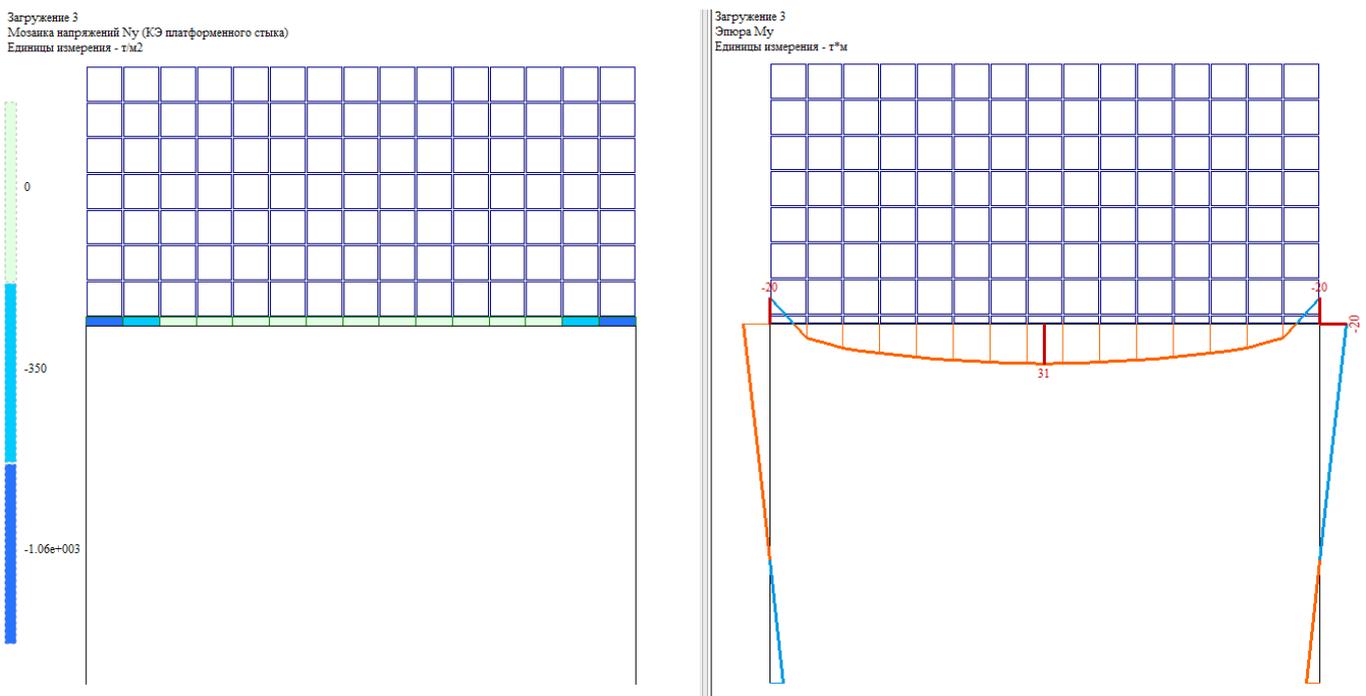


Рисунок 9. Пример расчета с конструкциями каркаса нижних нежилых этажей: мозаика вертикальных напряжений  $N_y$  в КЭ стыка (слева) и эпюра изгибающих моментов в элементах рамы (справа) при нелинейной работе КЭ стыка (типы КЭ 258/259)

Детальнее с описанием моделирования панельных зданий можно ознакомиться:

в статьях – [https://rflira.ru/services/publications/articles/?section=mag\\_pub](https://rflira.ru/services/publications/articles/?section=mag_pub)

в Базе знаний – <https://rflira.ru/kb/96/>