

ОСНОВНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ НЕСУЩИХ СИСТЕМ И СООТВЕТСТВУЮЩИЕ ИМ РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ

Кабанцев О.В., д.т.н. (НИУ МГСУ)

Нормирование механической безопасности и надежности строительных объектов

Федеральный закон № 384 (от 30.12.2009 г.):

Статья 16 «Требования к обеспечению механической безопасности здания или сооружения»:

4. Расчетные модели (в том числе расчетные схемы, основные предпосылки расчета) строительных конструкций и основания должны отражать действительные условия работы здания или сооружения, отвечающие рассматриваемой расчетной ситуации. При этом должны быть учтены:

- 1) факторы, определяющие напряженно-деформированное состояние;
- 2) особенности взаимодействия элементов строительных конструкций между собой и с основанием;
- 3) пространственная работа строительных конструкций;
- 4) геометрическая и физическая нелинейность;
- 5) пластические и реологические свойства материалов и грунтов;
- 6) возможность образования трещин;
- 7) возможные отклонения геометрических параметров от их номинальных значений.

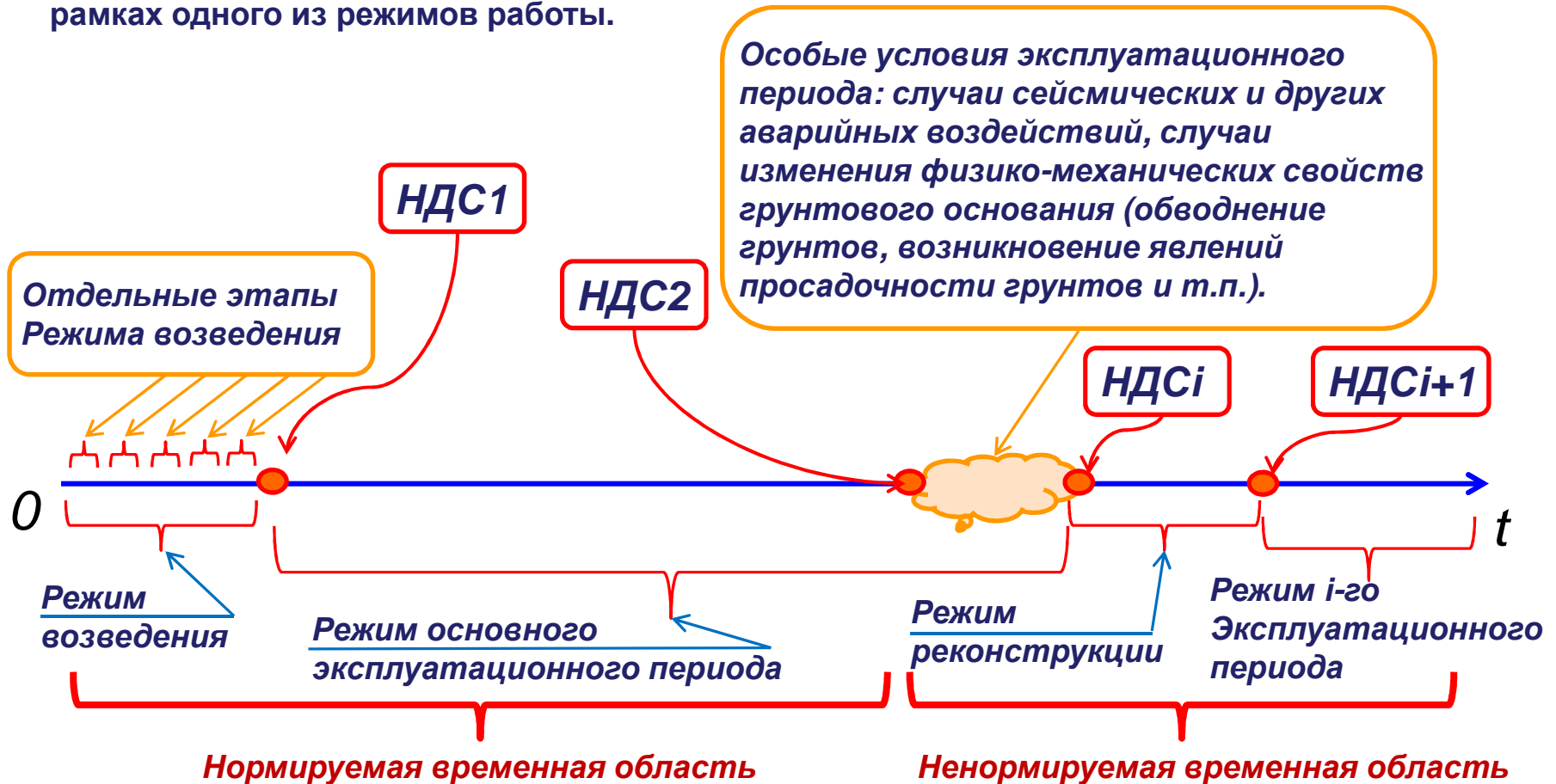
5. В процессе обоснования выполнения требований механической безопасности должны быть учтены следующие расчетные ситуации:

1) установившаяся ситуация, имеющая продолжительность того же порядка, что и срок эксплуатации здания или сооружения, в том числе эксплуатация между двумя капитальными ремонтами или изменениями технологического процесса;

2) переходная ситуация, имеющая небольшую по сравнению со сроком эксплуатации здания или сооружения продолжительность, в том числе строительство, реконструкция, капитальный ремонт здания или сооружения.

6. При проектировании здания или сооружения повышенного уровня ответственности должна быть учтена также аварийная расчетная ситуация, имеющая малую вероятность возникновения и небольшую продолжительность, но являющаяся важной с точки зрения последствий достижения предельных состояний, которые могут возникнуть при этой ситуации (в том числе предельных состояний при ситуации, возникающей в связи со взрывом, столкновением, с аварией, пожаром, а также непосредственно после отказа одной из несущих строительных конструкций).

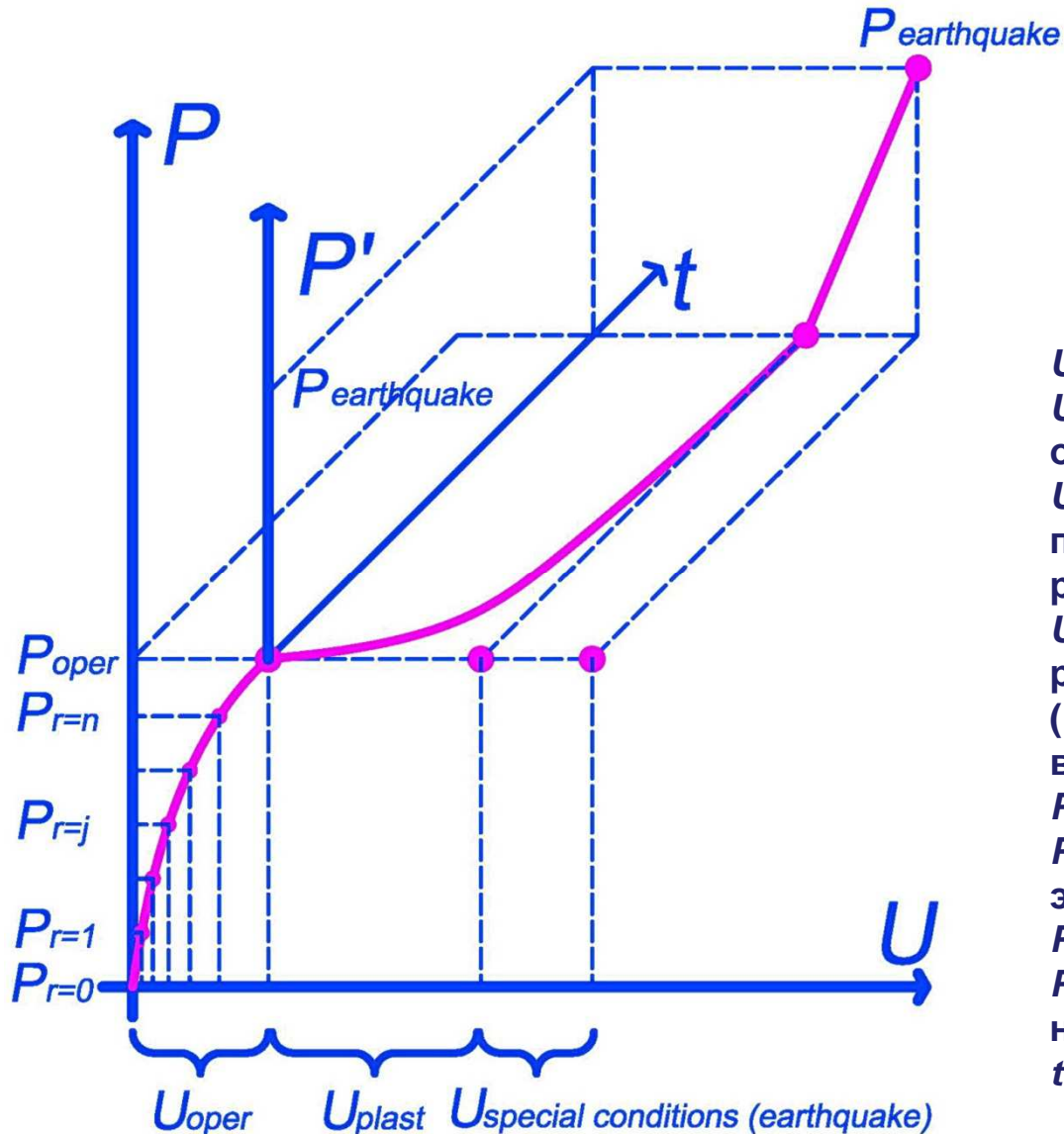
Здания и сооружения, проектируемые и возводимые в соответствии с действующими нормами, существуют в течение своего жизненного цикла в рамках одного из режимов работы.



Следует выделить как минимум три-четыре основных режима работы конструкции:

- режим возведения здания,
 - режим основного эксплуатационного периода,
 - режимы особых условий эксплуатационного периода: случаи сейсмических и других аварийных воздействий; случаи изменения физико-механических свойств грунтового основания (обводнение грунтов, возникновение явлений просадочности грунтов и т.п.).
- Кабанцев О.В.

Схема напряженно-деформированного состояния конструкций при рассмотрении многорежимного процесса существования конструкции



U – перемещения;

U_{oper} – перемещения от нагрузок основного эксплуатационного периода;

U_{plast} – перемещения вследствие пластических деформаций различного рода;

$U_{special conditions}$ – перемещения при особом режиме эксплуатационного периода (вариант – при сейсмических воздействиях – $U_{earthquake}$);

P – нагрузки;

P_{oper} – нагрузки основного эксплуатационного периода (полные);

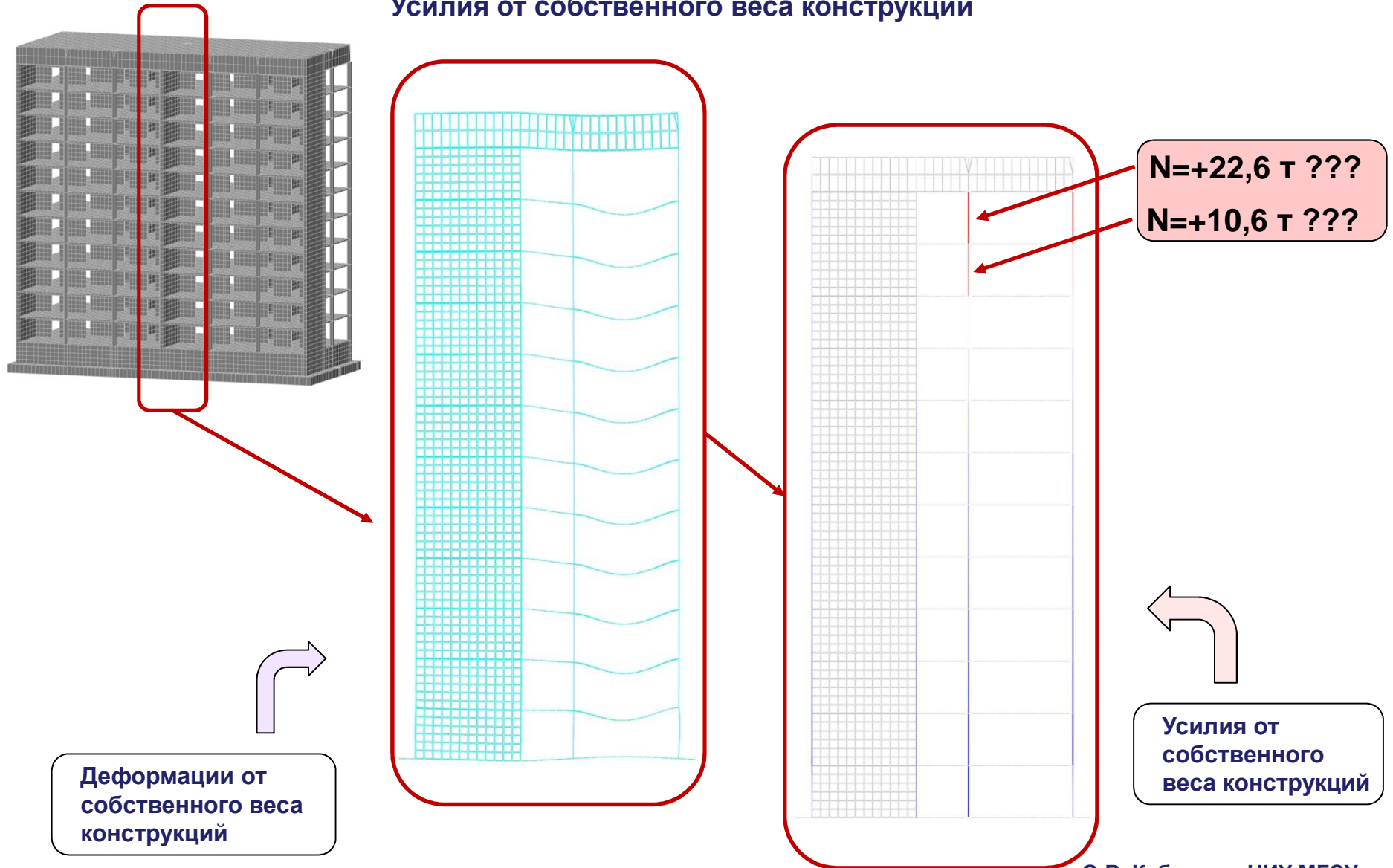
$P_{r=n}$ – нагрузки на r этапе нагружения;

$P_{earthquake}$ – особые (сейсмические) нагрузки;

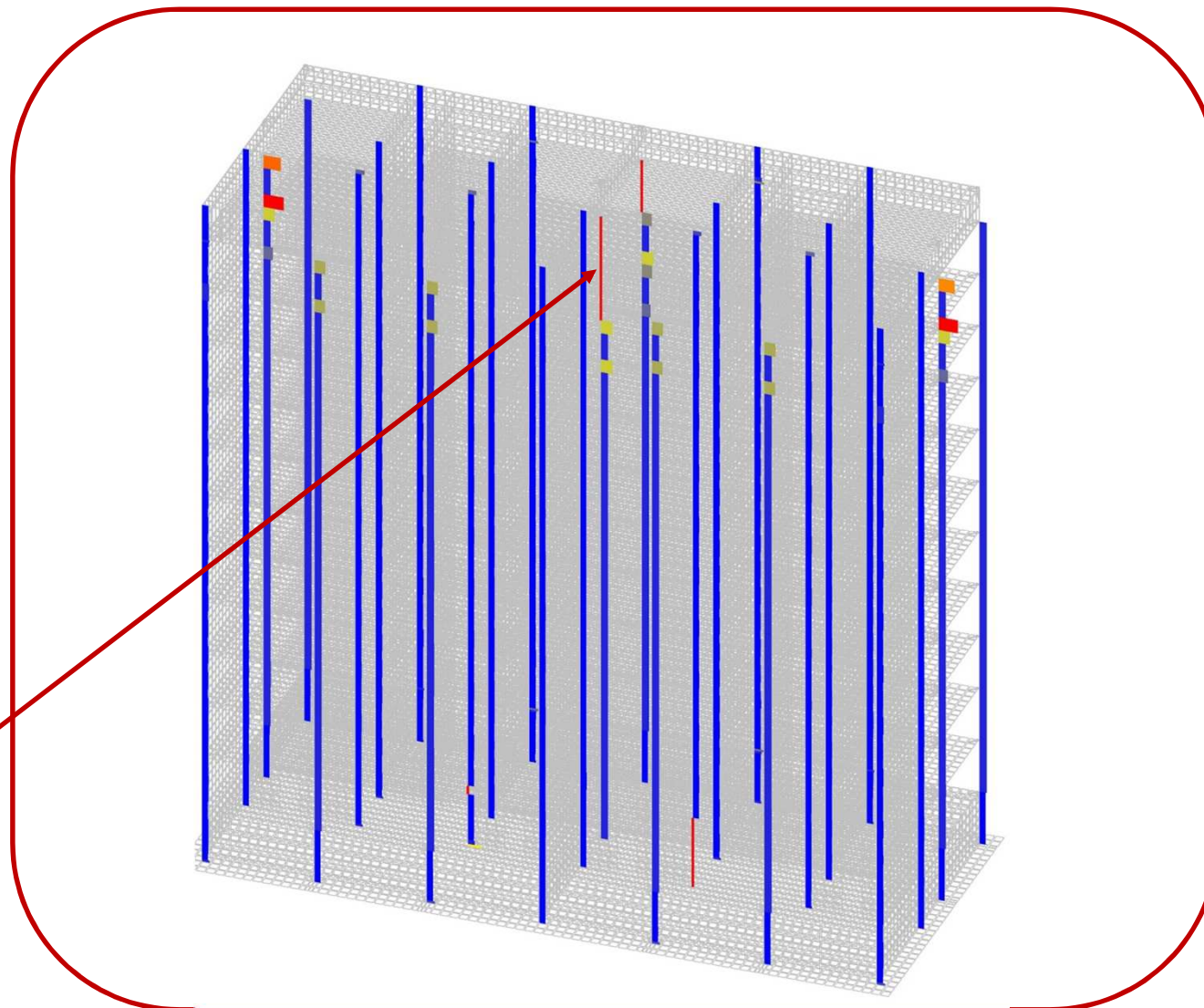
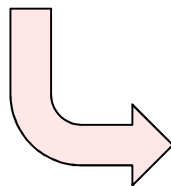
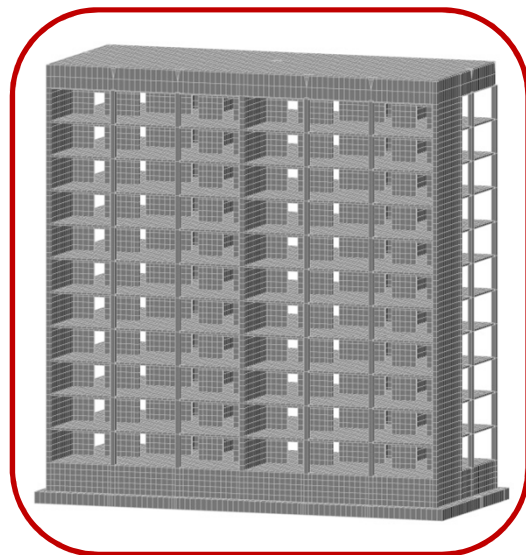
t – время эксплуатационного периода.

Основные режимы работы зданий и соответствующие им расчетные модели
Анализ эффектов режима возведения несущей системы

Традиционная расчетная технология (одноэтапный расчет).
Усилия от собственного веса конструкций



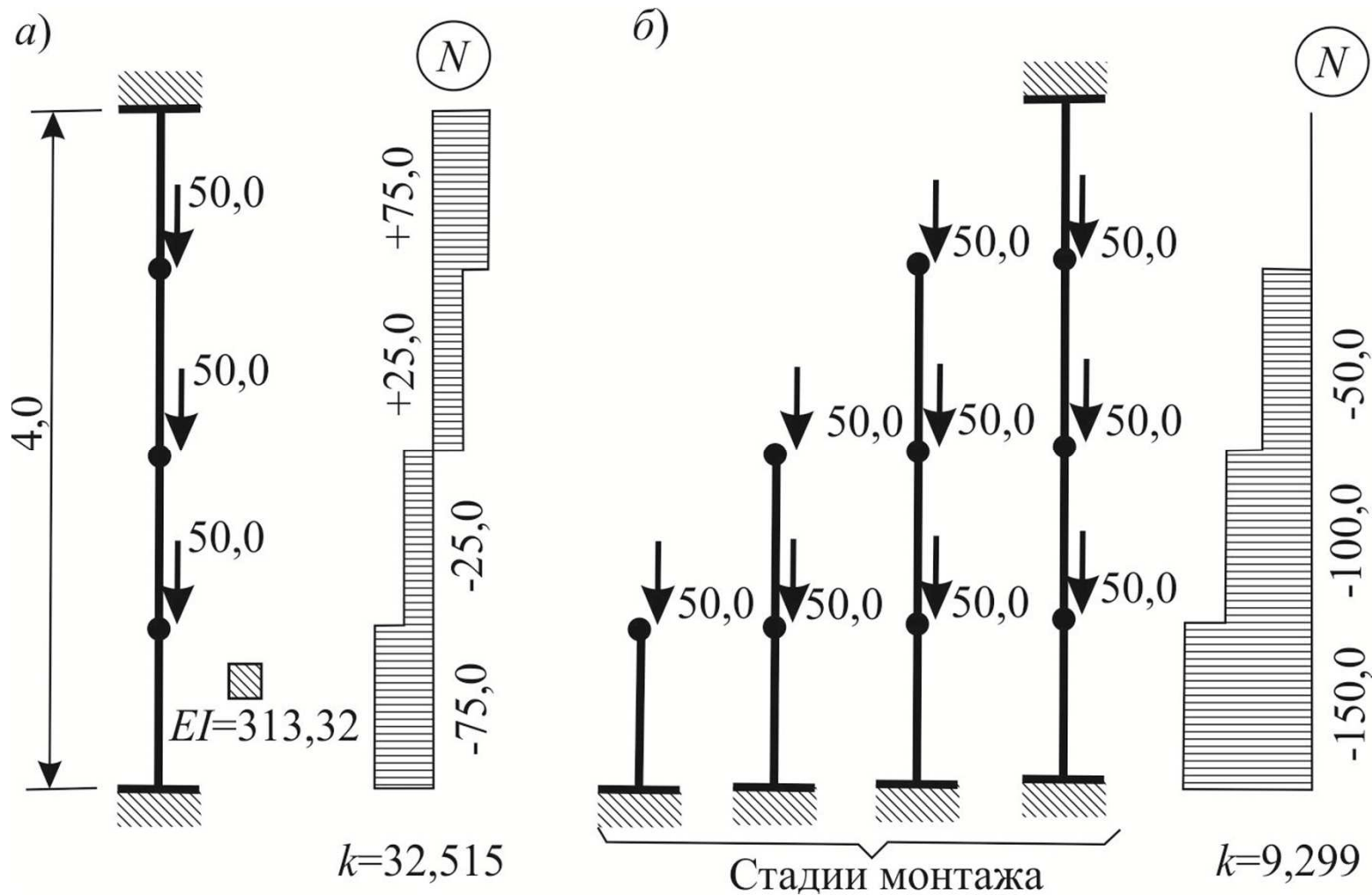
Основные режимы работы зданий и соответствующие им расчетные модели
Анализ эффектов режима возведения несущей системы
Традиционная расчетная технология (одноэтапный расчет).
Расчетное армирование колонн



Сечение колонны
МАЛО!!!

РЕЖИМ ГЕНЕРАЦИИ КОНСТРУКЦИИ

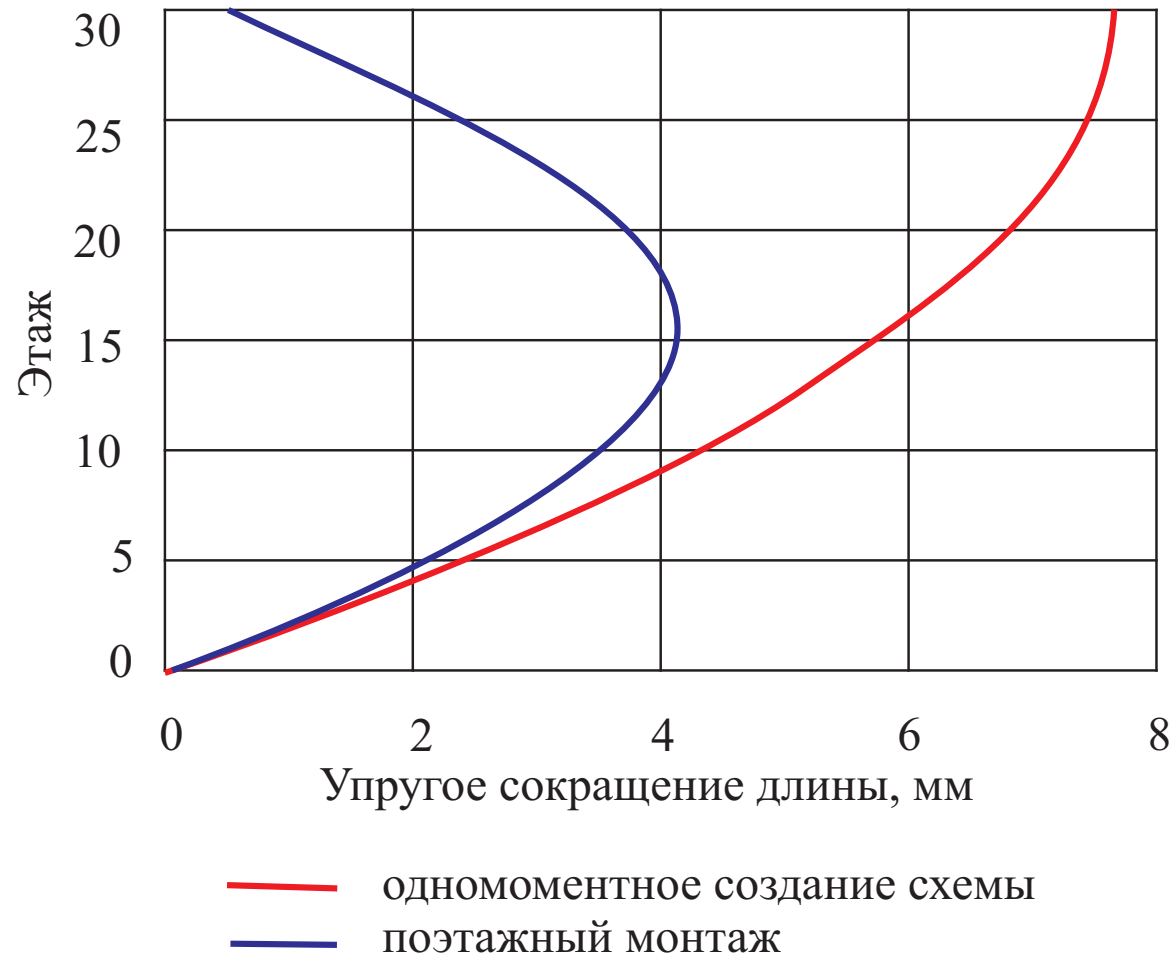
ЭФФЕКТЫ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ «Висячая колонна»



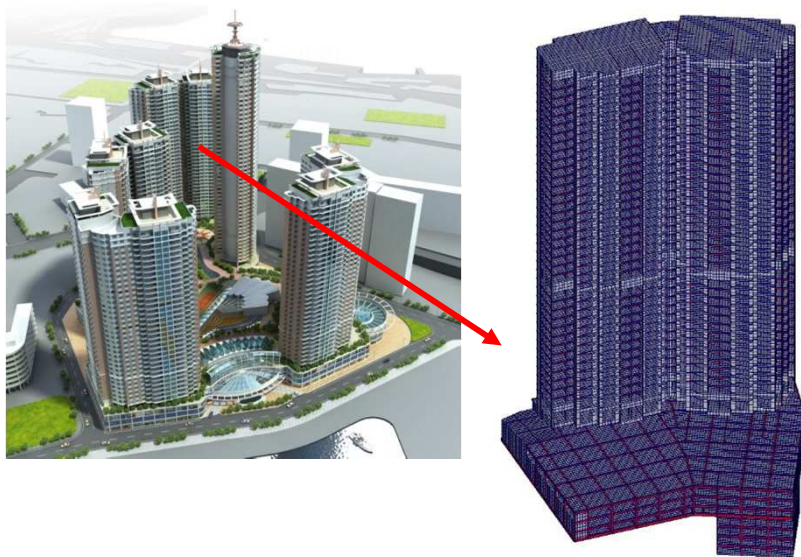
РЕЖИМ ГЕНЕРАЦИИ КОНСТРУКЦИИ

ЭФФЕКТЫ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ

Деформирование от собственного веса

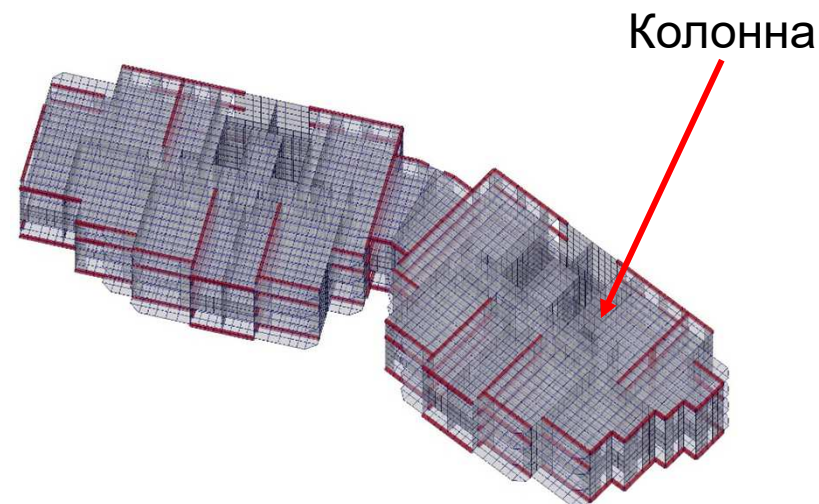


РЕЖИМ ГЕНЕРАЦИИ КОНСТРУКЦИИ



Общий вид расчетной модели 40 этажного жилого дома.

ЭФФЕКТЫ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ



Общий вид расчетной модели типовых и среднего технического этажей 40 этажного жилого дома.

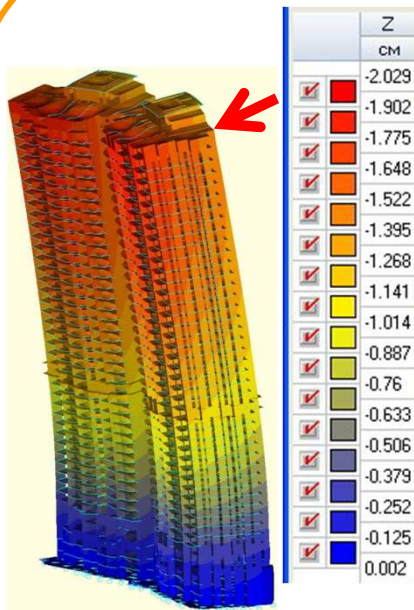
Усилия в колонне от нагрузок собственного веса (+растяжение; -сжатие), т

Методика расчета	Колонна -3 этажа	Колонна 1 этажа	Колонна 15 этажа	Колонна 17 этажа	Колонна 39 этажа
Традиционная	-260	-210	-87	-187	+80
«Монтаж»	-300	-244	-167	-276	-20

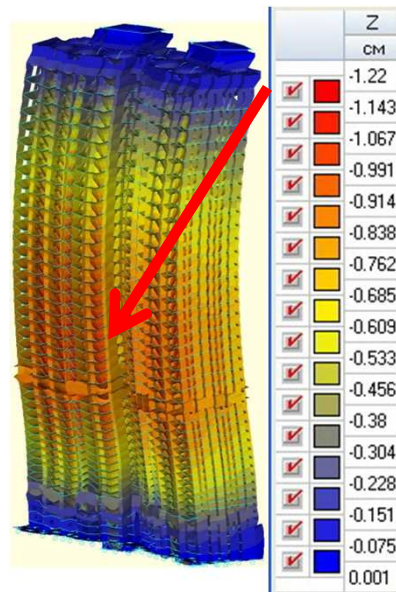
РЕЖИМ ГЕНЕРАЦИИ КОНСТРУКЦИИ

ЭФФЕКТЫ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ

Деформирование от собственного веса



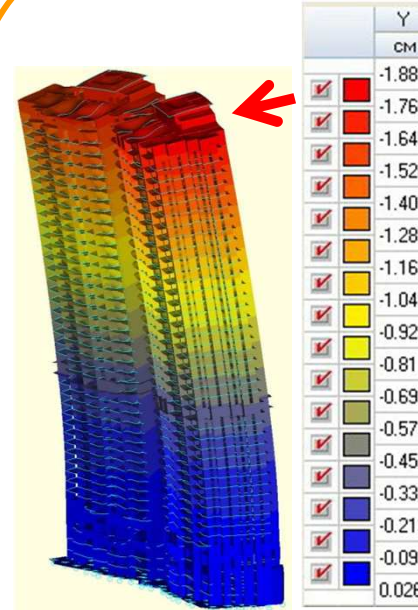
Традиционная
расчетная
Технология
 ΔZ_{tr}



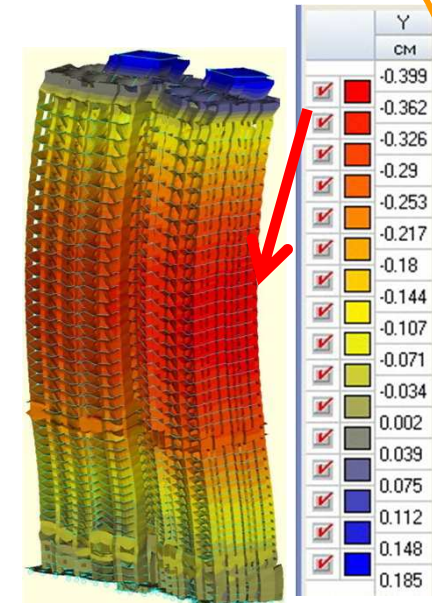
Расчетная
Технология
«Монтаж»
 ΔZ_m

Изополя расчетных
вертикальных деформации в
поперечном направлении (по Z)

$$\Delta Z_m = 0.6 \Delta Z_{tr}$$



Традиционная
расчетная
Технология
 ΔY_{tr}



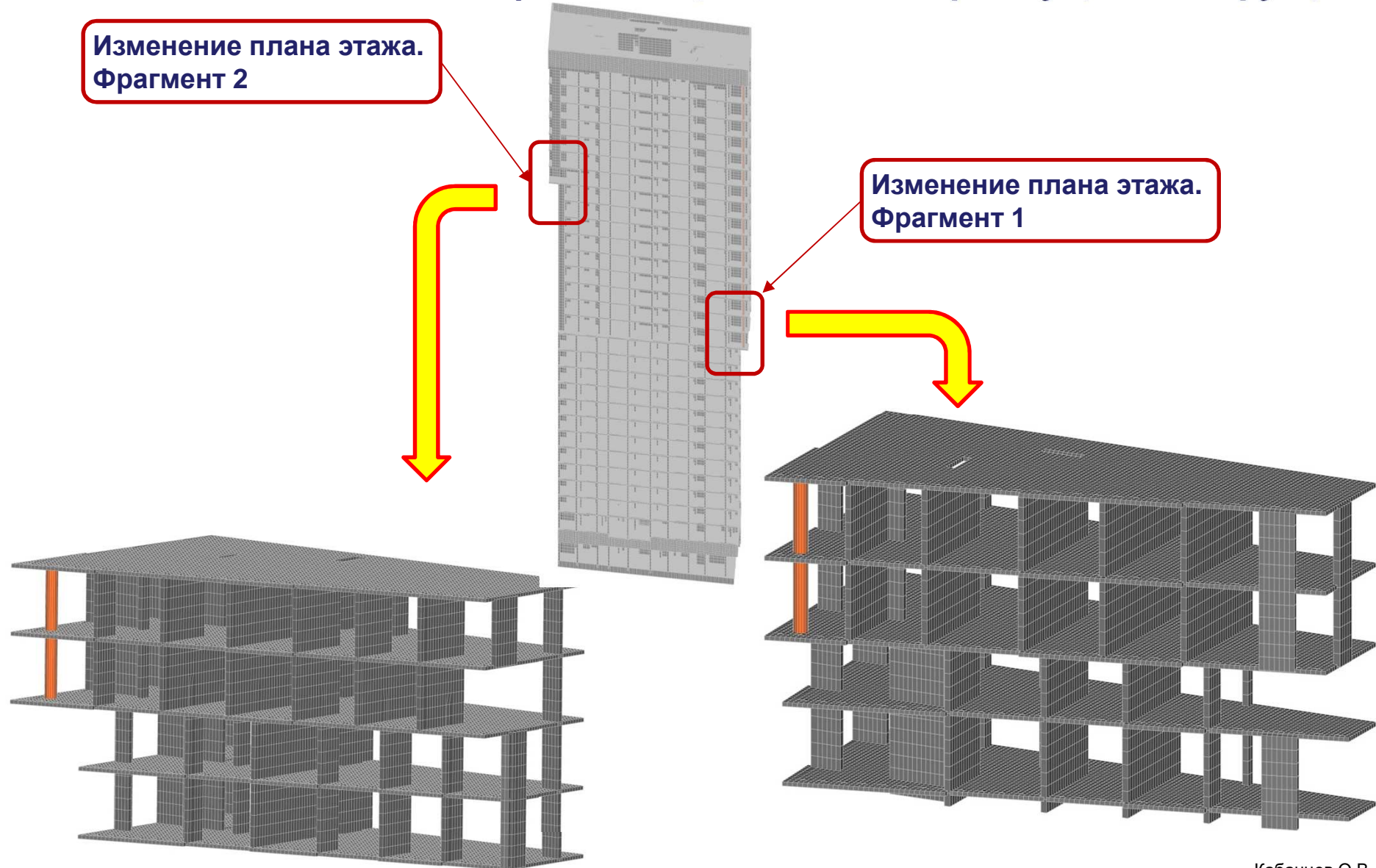
Расчетная
Технология
«Монтаж»
 ΔY_m

Изополя расчетных деформации
в поперечном направлении (по Y)

$$\Delta Y_m = 0.21 \Delta Y_{tr}$$

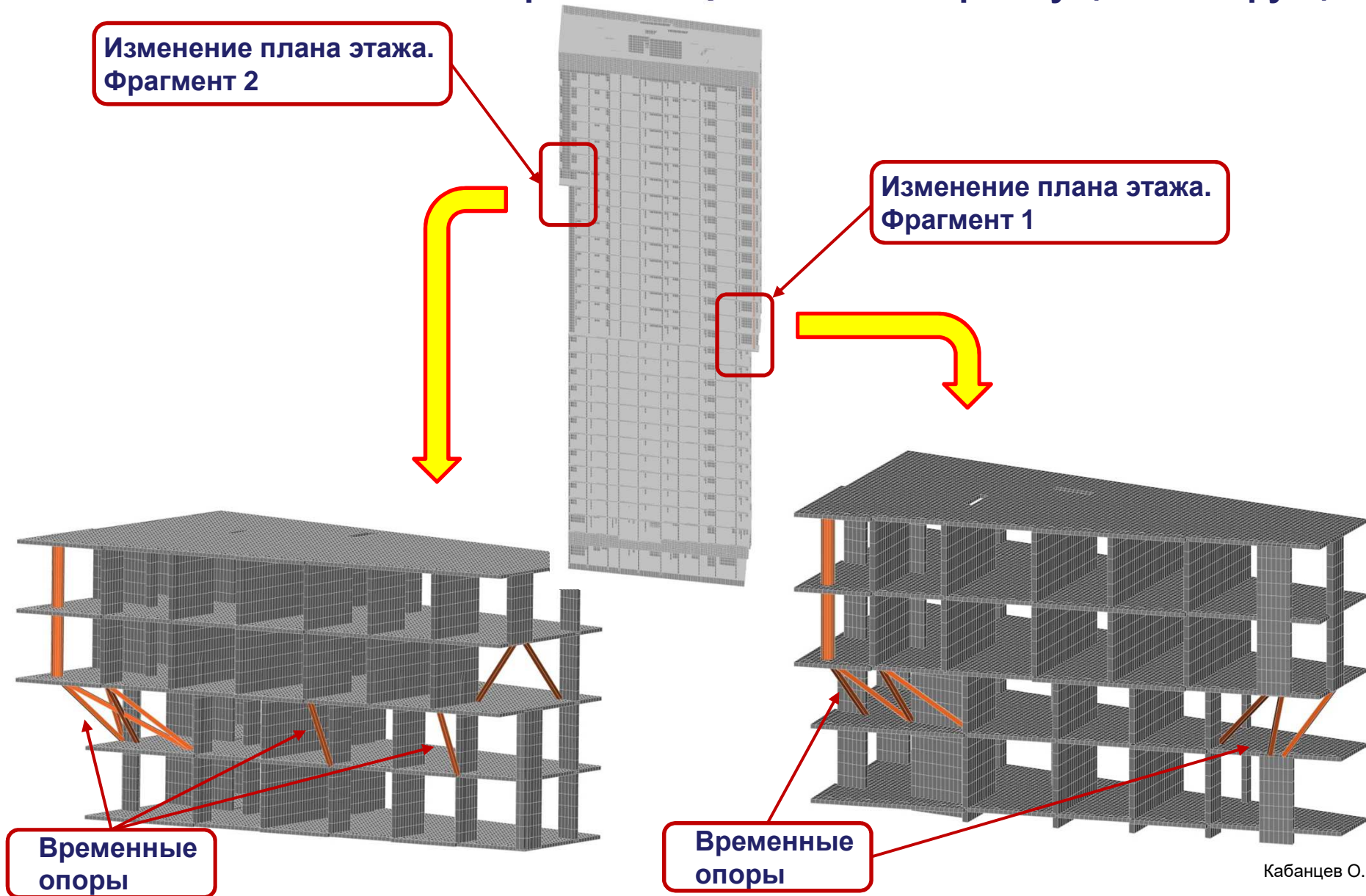
РЕЖИМ ГЕНЕРАЦИИ КОНСТРУКЦИИ

Проблема временных опор несущих конструкций

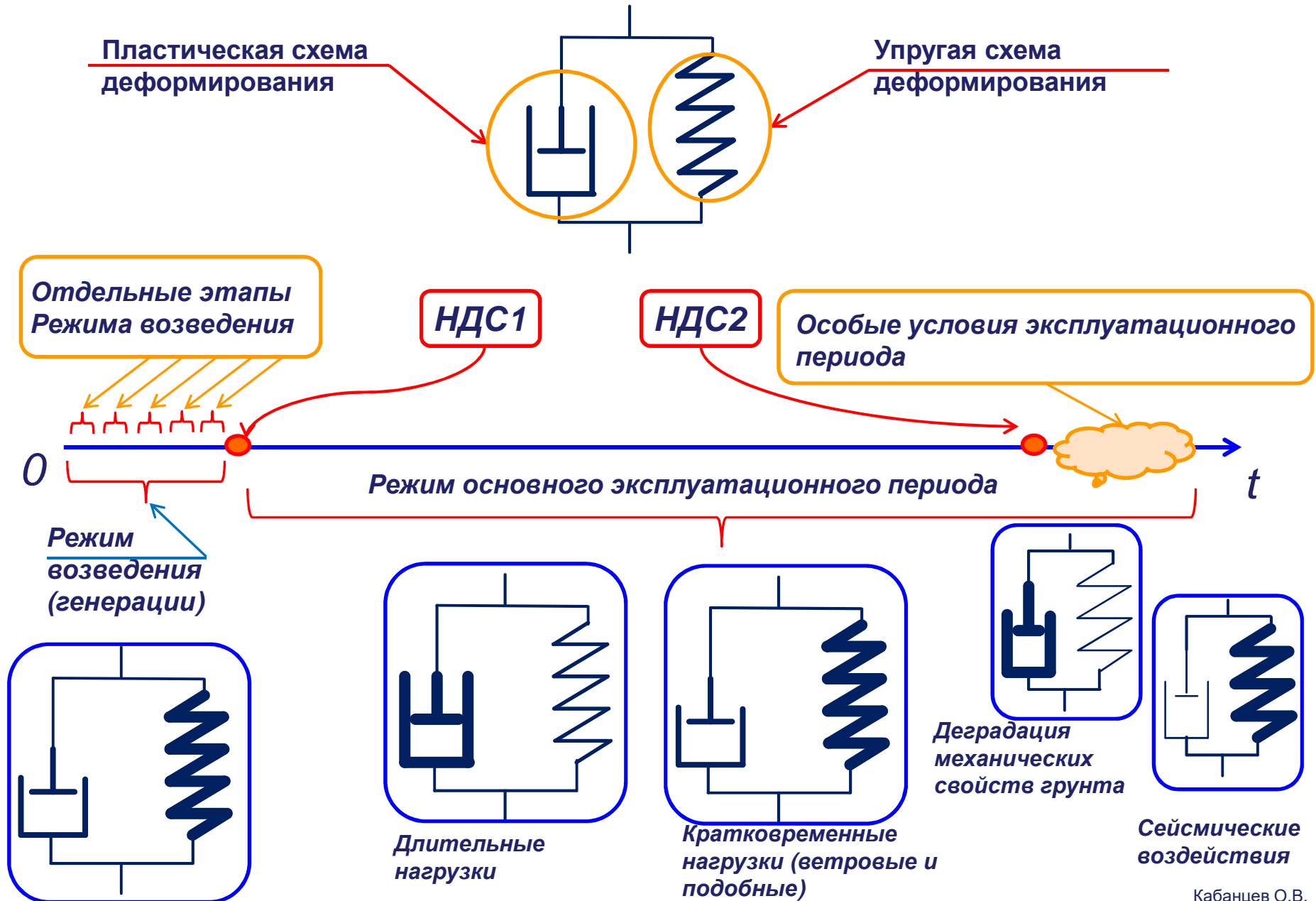


РЕЖИМ ГЕНЕРАЦИИ КОНСТРУКЦИИ

Проблема временных опор несущих конструкций

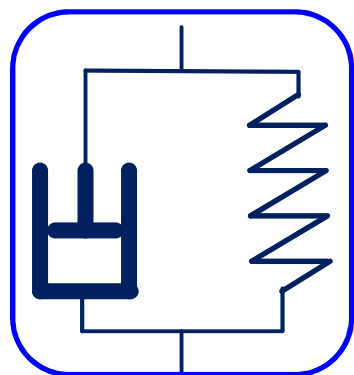


Модель внешних связей для различных режимов работы здания

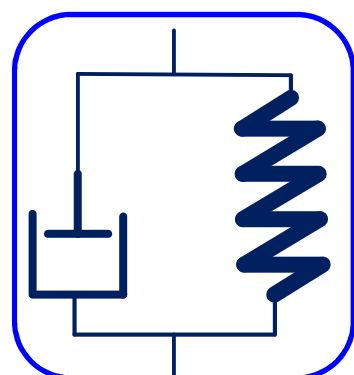


РЕЖИМ ОСНОВНОГО ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ПЕРИОДА

ЭФФЕКТЫ ИЗМЕНЕНИЯ МОДЕЛИ ВНЕШНИХ СВЯЗЕЙ



Длительные нагрузки



Кратковременные нагрузки (ветровые и подобные)

Модель нагрузок:

- 1 – длительные нагрузки на перекрытия – 15 кПа;
- 2 – ветровые воздействия (пульсационная составляющая).

Модель внешних связей:

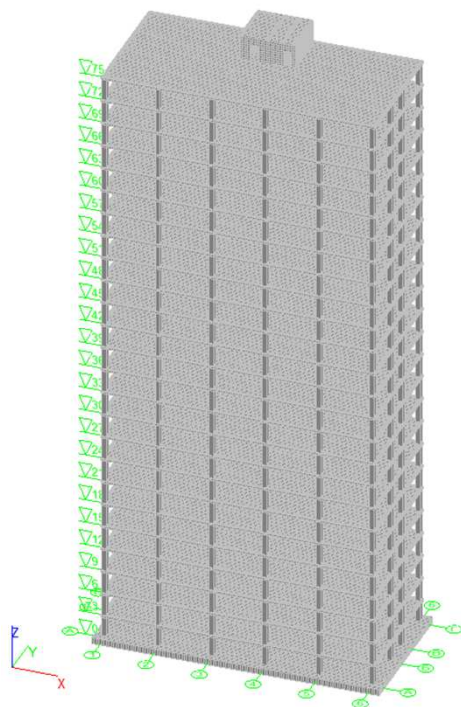
Традиционная технология - $C_1 = 80 \text{ т/м}^3$; 125 т/м^3 ; 160 т/м^3 – переменные по плану фундаментной плиты и общие для всех загружений.

Модель многоэтапного расчета - $C_1 = 80 \text{ т/м}^3$; 125 т/м^3 ; 160 т/м^3 – для длительно действующих нагрузок; $C_1 = 800 \text{ т/м}^3$; 1250 т/м^3 ; 1600 т/м^3 – для кратковременных (динамических) воздействий



Вид расчетной технологии	Вид параметра НДС	
	Период 1-го тона (сек)	Горизонтальные деформации по 1 тону (мм)
Традиционная расчетная технология	11,45	121,33
Расчетная технология с характеристиками основания, соответствующими параметрам воздействия	5,65	26,90

РЕЖИМ ОСНОВНОГО ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ПЕРИОДА ЭФФЕКТЫ ИЗМЕНЕНИЯ МОДЕЛИ ВНЕШНИХ СВЯЗЕЙ



Модель №1 – традиционная расчетная технология - одноэтапный расчет с полным набором элементов модели.
Модель внешних связей - коэффициенты постели определены **на основе модуля общей деформации грунтов** при действии нагрузок от полной модели и приняты равными **$C1 = 200 \text{ т/м}^3$** .

Модель №2 – расчетная технология “Монтаж”.

Этапы расчета №№ 1 – 24: режим возведения;

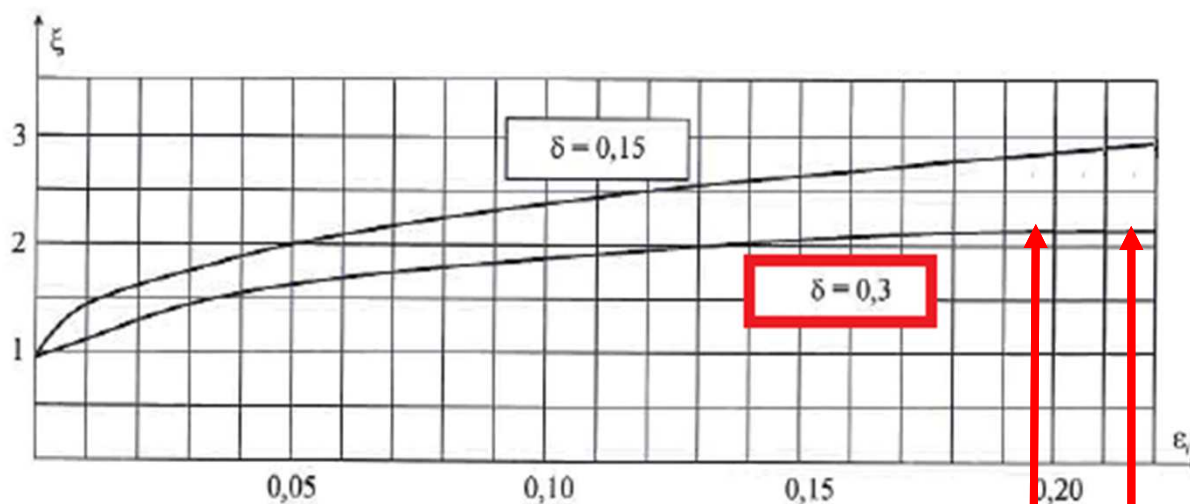
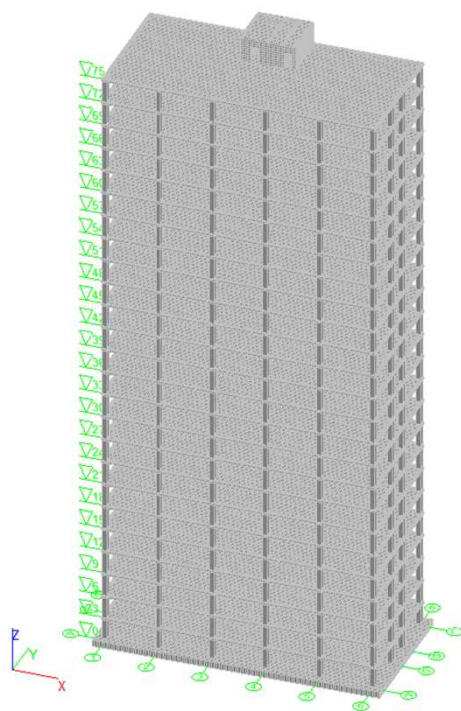
Этап расчета № 25: основной эксплуатационный режим:
Модель воздействия - собственный вес, длительные нагрузки;
Модель внешних связей (на основе модуля общей деформации грунта) **$C1=200 \text{ т/м}^3$** .

Этап расчета №26: основной эксплуатационный режим с кратковременными воздействиями:

- Модель воздействия – собственный вес, длительные и кратковременные нагрузки, ветровые воздействия с учетом пульсационной составляющей;
- Модель внешних связей – **на основе модуля упругости грунта $C1=1600 \text{ т/м}^3$**

РЕЖИМ ОСНОВНОГО ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ПЕРИОДА ЭФФЕКТЫ ИЗМЕНЕНИЯ МОДЕЛИ ВНЕШНИХ СВЯЗЕЙ

Расчет на ветровые воздействия (пульсационная составляющая)
Коэффициенты динамичности



Модель №2 – расчетная технология
“Монтаж”.
 $C_1=1600\text{т/м}^3$ (этап ветрового
воздействия). $t_1=9,38$ сек.

Модель №1 – традиционная расчетная
технология - одноэтапный расчет.
 $C_1=200\text{ т/м}^3$; $t_1=6,56$ сек.

1.195
2.15

РЕЖИМ ОСНОВНОГО ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ПЕРИОДА

ЭФФЕКТЫ ИЗМЕНЕНИЯ МОДЕЛИ ВНЕШНИХ СВЯЗЕЙ

Расчет на ветровые воздействия (пульсационная составляющая)

Коэффициенты динамичности

Традиционная расчетная технология

17:13:20 Форма колебаний 1. Значения коэффициентов:
динамичности - 1.89945
KSX - 0.003401 KSY - 0.000000 KSZ - 0.000000

17:13:21 Форма колебаний 2. Значения коэффициентов:
динамичности - 1.72795
KSX - 0.027264 KSY - 0.000000 KSZ - 0.000000

17:13:21 Форма колебаний 3. Значения коэффициентов:
динамичности - 1.61385
KSX - 0.000290 KSY - 0.000000 KSZ - 0.000000

17:13:21 Вычисление динамических сил. Загрузка 15
Номер модуля динамики : 32, количество форм : 5
Номер статического нагружения : 11
Расчет на ветровые нагрузки по СП 20.13330.2011

17:13:22 Форма колебаний 1. Значения коэффициентов:
динамичности - 1.89945
KSX - 0.003376 KSY - 0.000000 KSZ - 0.000000

17:13:22 Форма колебаний 2. Значения коэффициентов:
динамичности - 1.72795
KSX - 0.027039 KSY - 0.000000 KSZ - 0.000000

17:13:22 Форма колебаний 3. Значения коэффициентов:
динамичности - 1.61385
KSX - 0.000038 KSY - 0.000000 KSZ - 0.000000

Суммарные нагрузки:

14-	1	1.64538	0	0	0	0	0
14-	2	101.659	0	0	0	0	0
14-	3	-0.00191483	0	0	0	0	0
15-	1	1.63326	0	0	0	0	0
15-	2	100.82	0	0	0	0	0
15-	3	-0.000250156	0	0	0	0	0

Расчетная технология «МОНТАЖ»

18:46:51 Форма колебаний 1. Значения коэффициентов:
динамичности - 1.70525
KSX - 0.002107 KSY - 0.000000 KSZ - 0.000000

18:46:51 Форма колебаний 2. Значения коэффициентов:
динамичности - 1.60175
KSX - 0.000739 KSY - 0.000000 KSZ - 0.000000

18:46:51 Форма колебаний 3. Значения коэффициентов:
динамичности - 1.56539
KSX - 0.027677 KSY - 0.000000 KSZ - 0.000000

18:46:51 Вычисление динамических сил. Загрузка 15
Номер модуля динамики : 32, количество форм : 5
Номер статического нагружения : 11
Расчет на ветровые нагрузки по СП 20.13330.2011

18:46:52 18:46:52 Форма колебаний 1. Значения коэффициентов:
динамичности - 1.70525
KSX - 0.002110 KSY - 0.000000 KSZ - 0.000000

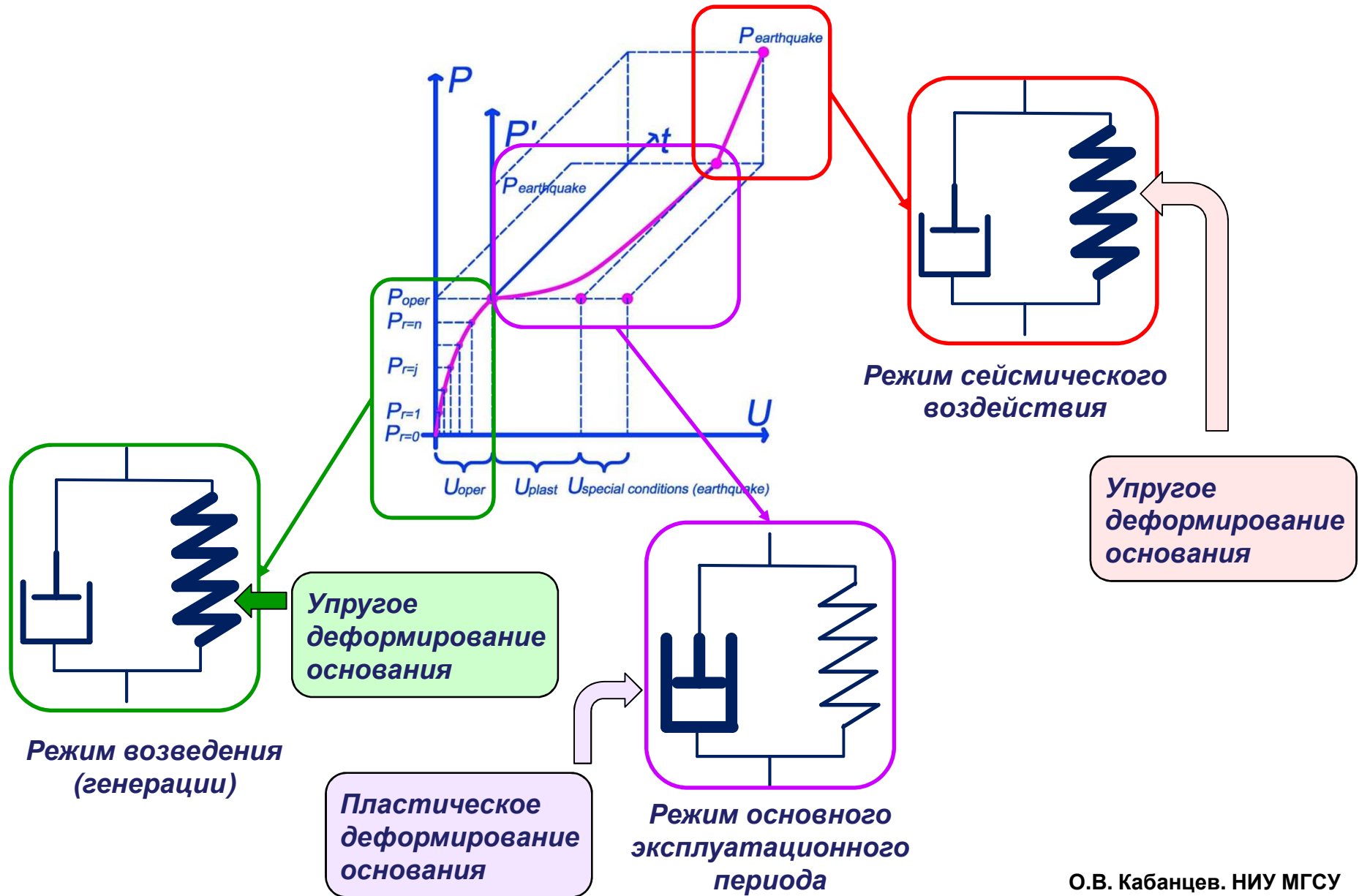
18:46:52 Форма колебаний 2. Значения коэффициентов:
динамичности - 1.60175
KSX - 0.000466 KSY - 0.000000 KSZ - 0.000000

18:46:52 Форма колебаний 3. Значения коэффициентов:
динамичности - 1.56539
KSX - 0.027449 KSY - 0.000000 KSZ - 0.000000

Суммарные нагрузки:

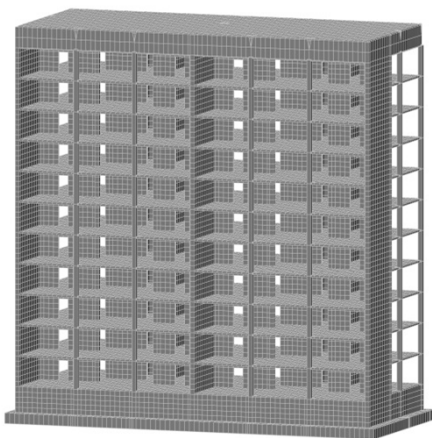
14-	1	0.423009	0	0	0	0	0
14-	2	0.00925228	0	0	0	0	0
14-	3	92.5556	0	0	0	0	0
15-	1	0.423636	0	0	0	0	0
15-	2	0.00584353	0	0	0	0	0
15-	3	91.7922	0	0	0	0	0

Схема модели внешних связей при рассмотрении многорежимного процесса существования конструкции



Основные режимы работы зданий и соответствующие им расчетные модели
Анализ корректности расчетных величин коэффициента динамичности (β)

Эффекты изменения модели внешних связей



Расчетная модель жилого дома с монолитной железобетонной рамно-связевой несущей системой.

Модель внешних связей:

Вариант №1 – коэффициент постели рассчитан как функция модуля деформаций грунта основания ($C_1=200 \text{ т/м}^3$).

Вариант №2 – коэффициент постели рассчитан как функция модуля упругости грунта основания ($C_1=2000 \text{ т/м}^3$).

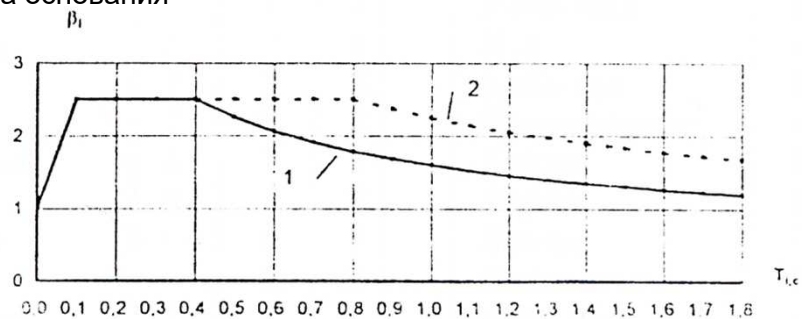


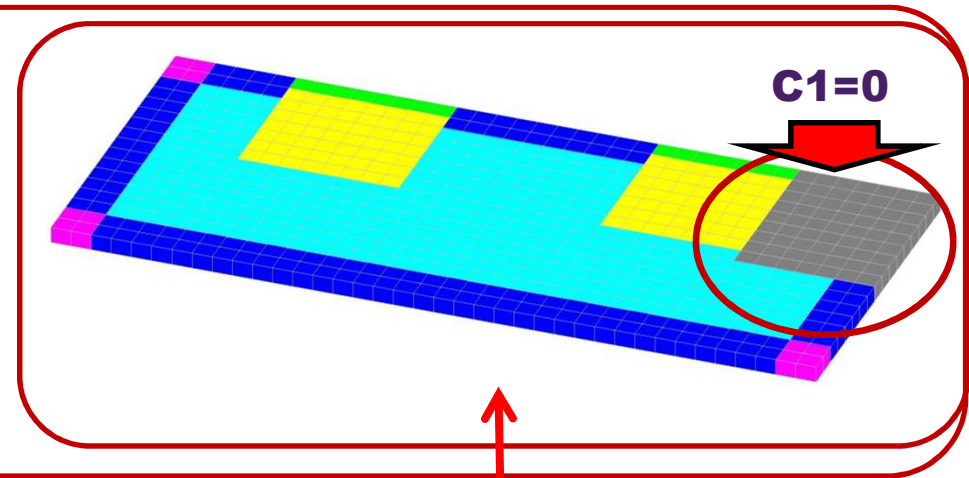
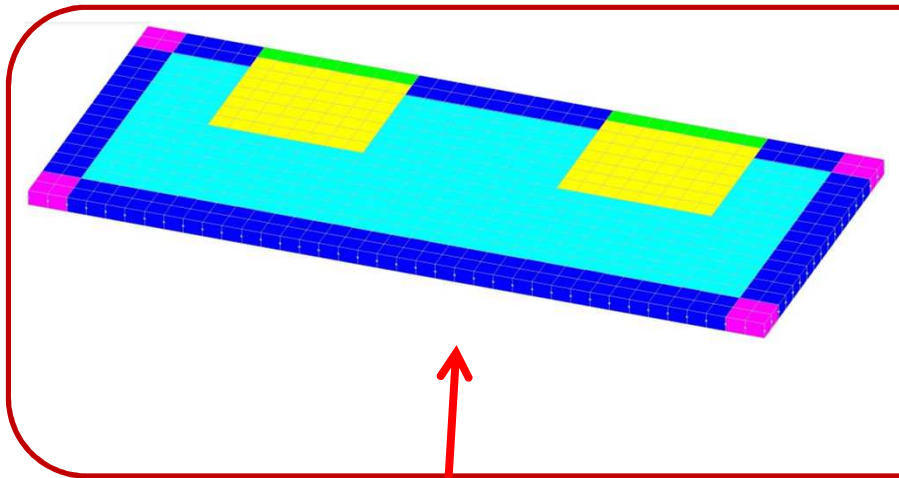
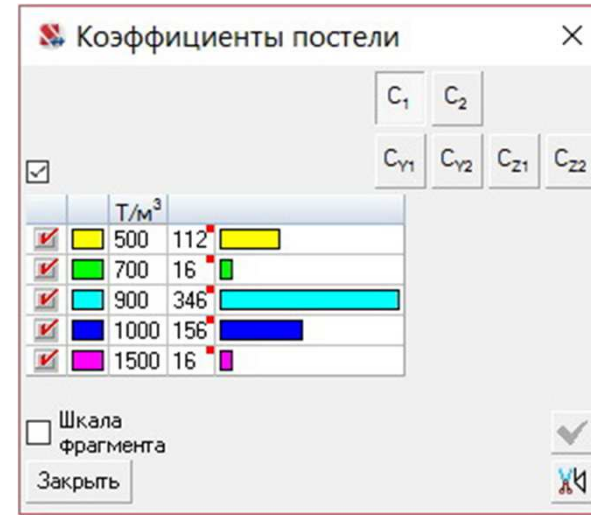
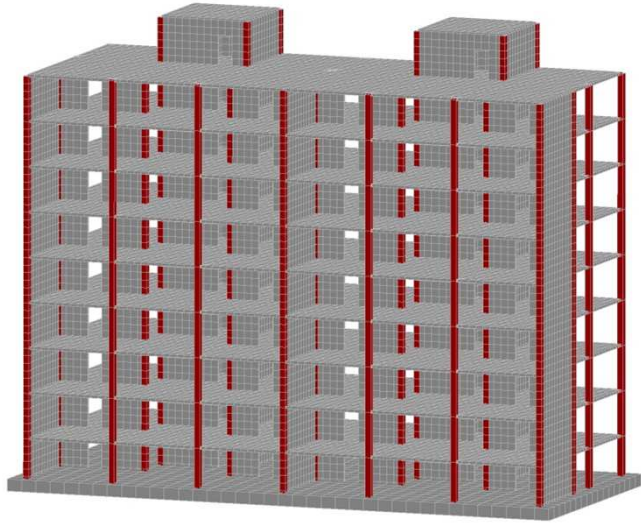
Рис. 2

Результаты расчета коэффициента динамичности:

Расчетное значение характеристики	Модель внешних связей Вариант №1 ($C_1=200 \text{ т/м}^3$)		Модель внешних связей Вариант №2 ($C_1=2000 \text{ т/м}^3$)	
	Форма 1	Форма 2	Форма 1	Форма 2
Период колебаний (сек)	2,468	1,311	1,056	0,766
Коэффициент динамичности β	1,0067 (100%)	1,380 (100%)	1,539 (152,9%)	1,807 (130,9%)

Необходимо применять расчетную технологию, обеспечивающую раздельный учет коэффициента постели для разных расчетных ситуаций, но с наследованием НДС.

ОСОБЫЕ РЕЖИМЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ПЕРИОДА ЭФФЕКТЫ ИЗМЕНЕНИЯ МОДЕЛИ ВНЕШНИХ СВЯЗЕЙ ВО ВРЕМЕНИ

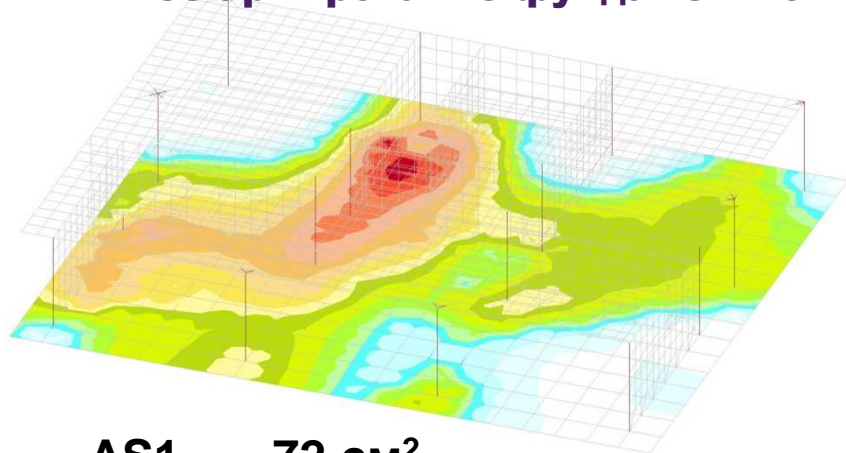


Расчетная технология – многоэтапного расчета (C1=0 – для 2-го этапа расчета)

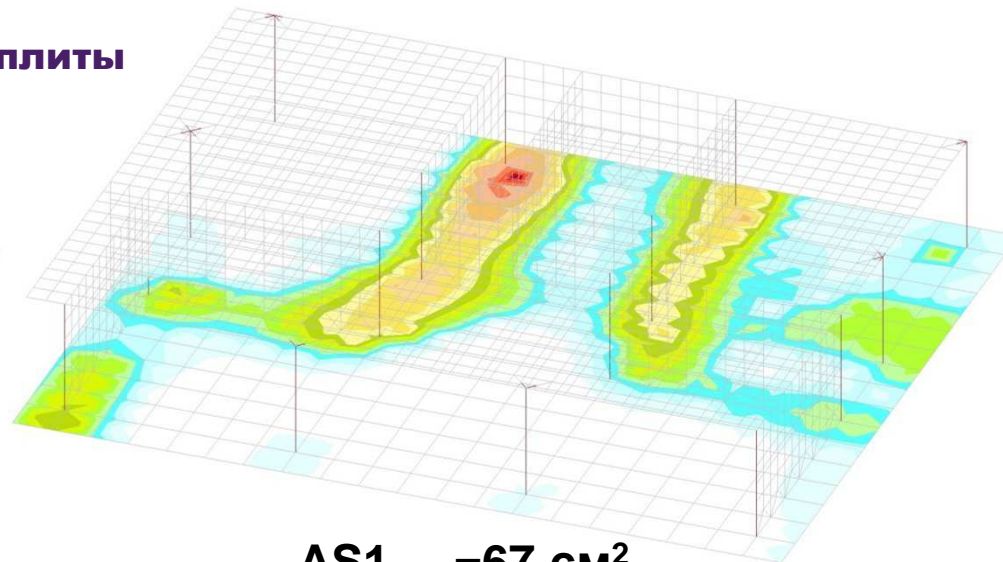
Традиционная расчетная технология – одноэтапный расчет

ОСОБЫЕ РЕЖИМЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ПЕРИОДА ЭФФЕКТЫ ИЗМЕНЕНИЯ МОДЕЛИ ВНЕШНИХ СВЯЗЕЙ ВО ВРЕМЕНИ

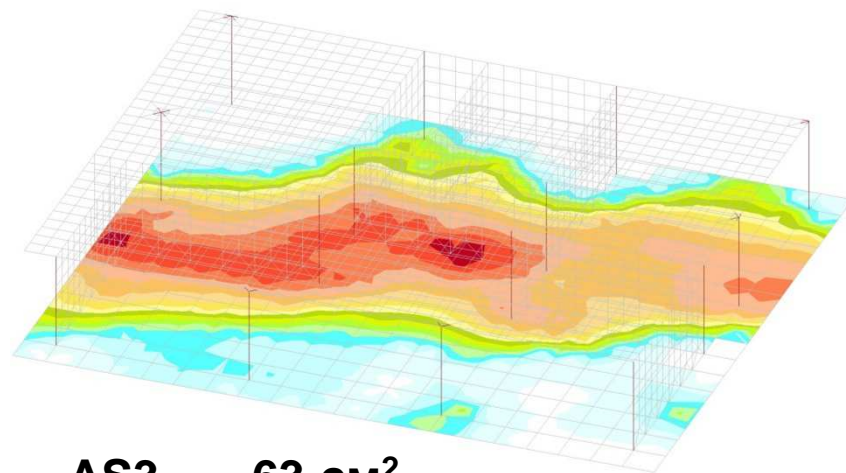
Нижнее армирование фундаментной плиты



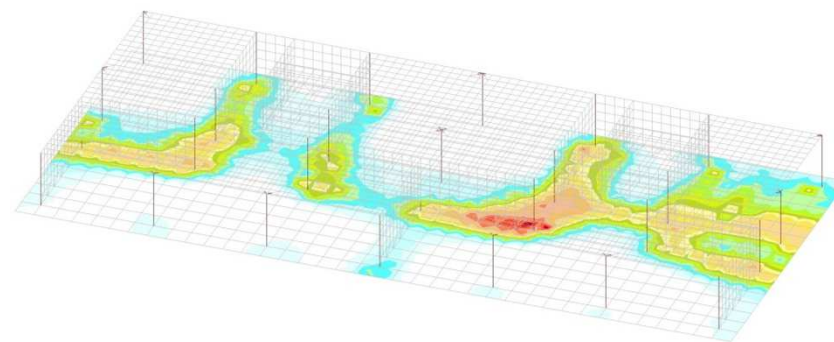
$$AS1_{\max} = 72 \text{ см}^2$$



$$AS1_{\max} = 67 \text{ см}^2$$



$$AS3_{\max} = 63 \text{ см}^2$$

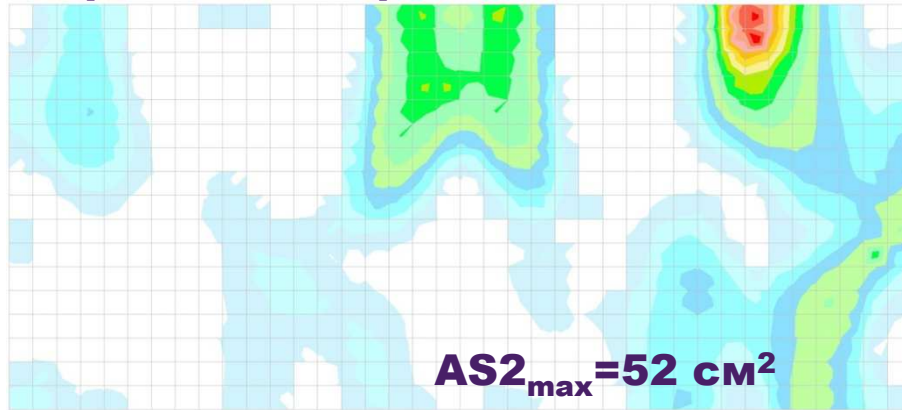


$$AS3_{\max} = 51 \text{ см}^2$$

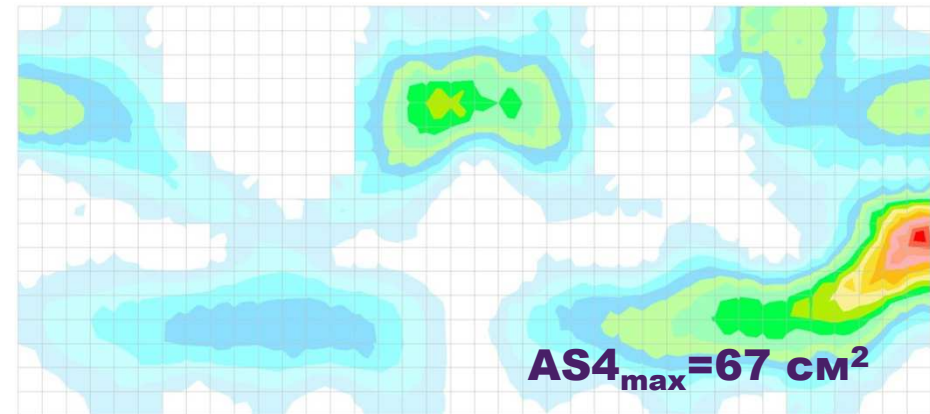
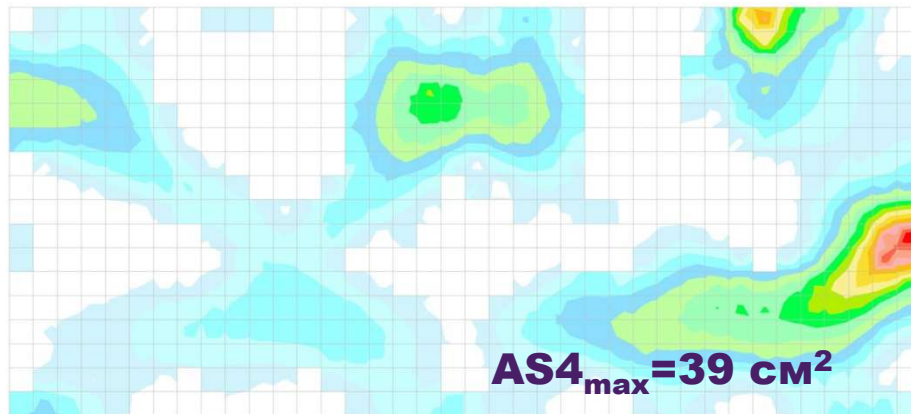
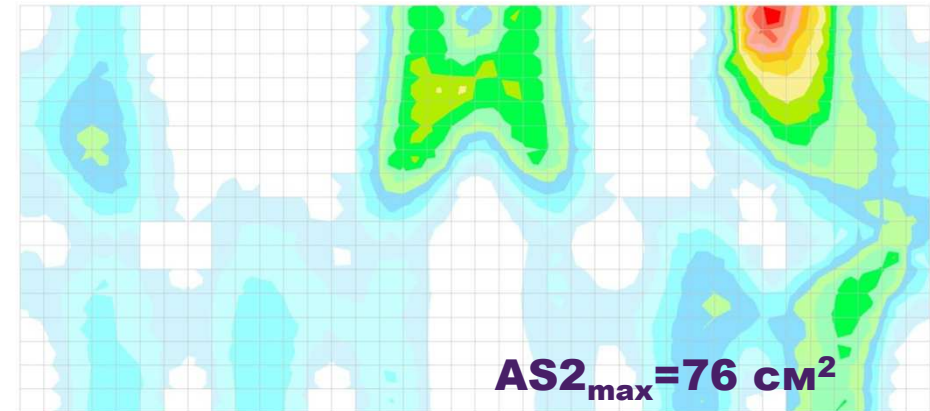
ОСОБЫЕ РЕЖИМЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ПЕРИОДА ЭФФЕКТЫ ИЗМЕНЕНИЯ МОДЕЛИ ВНЕШНИХ СВЯЗЕЙ ВО ВРЕМЕНИ

Верхнее армирование фундаментной плиты

Традиционная расчетная технология



Расчет с наследованием НДС

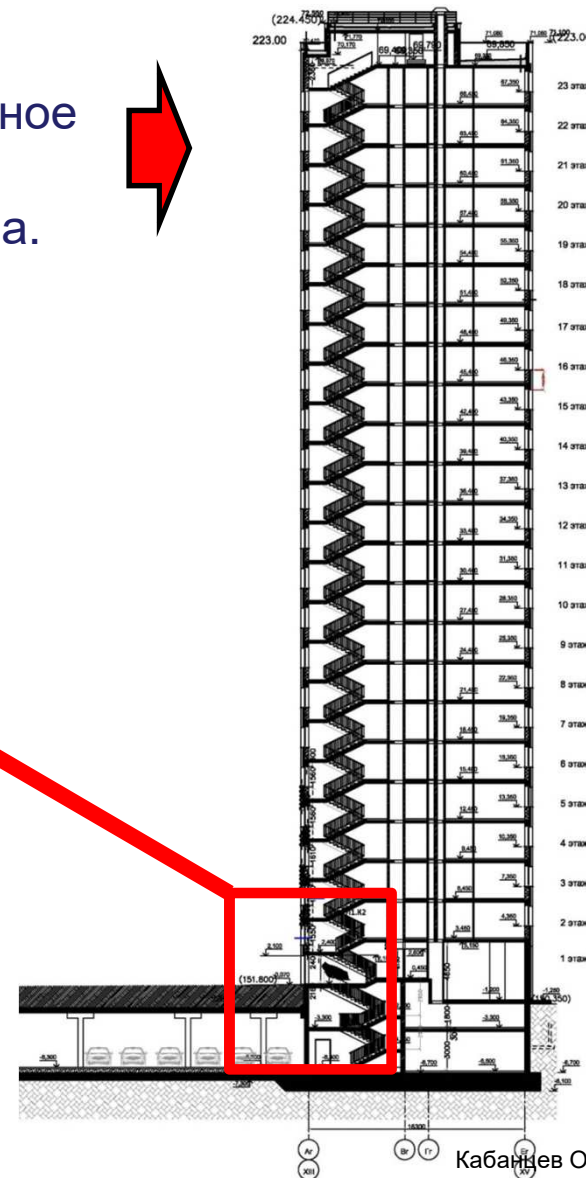
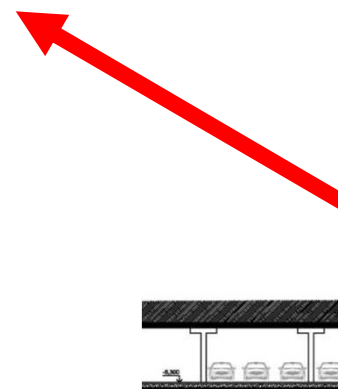
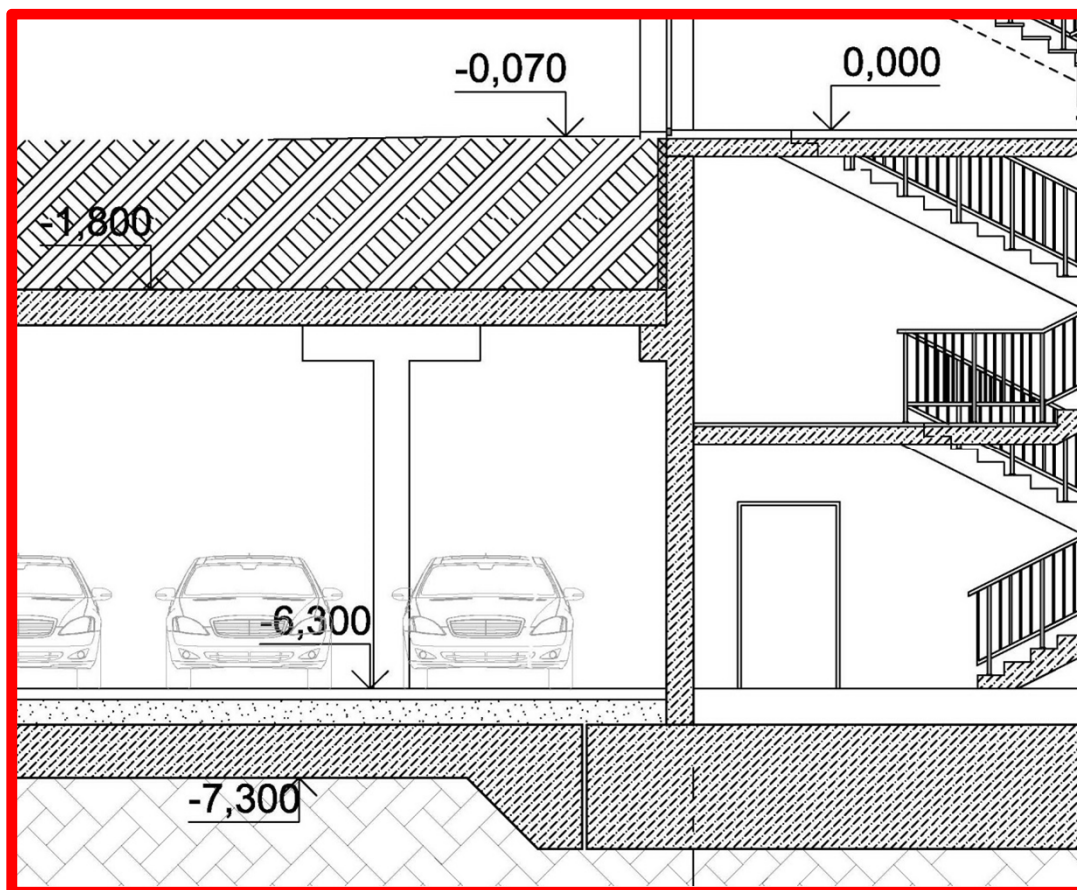


РЕЖИМ ОСНОВНОГО ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ПЕРИОДА

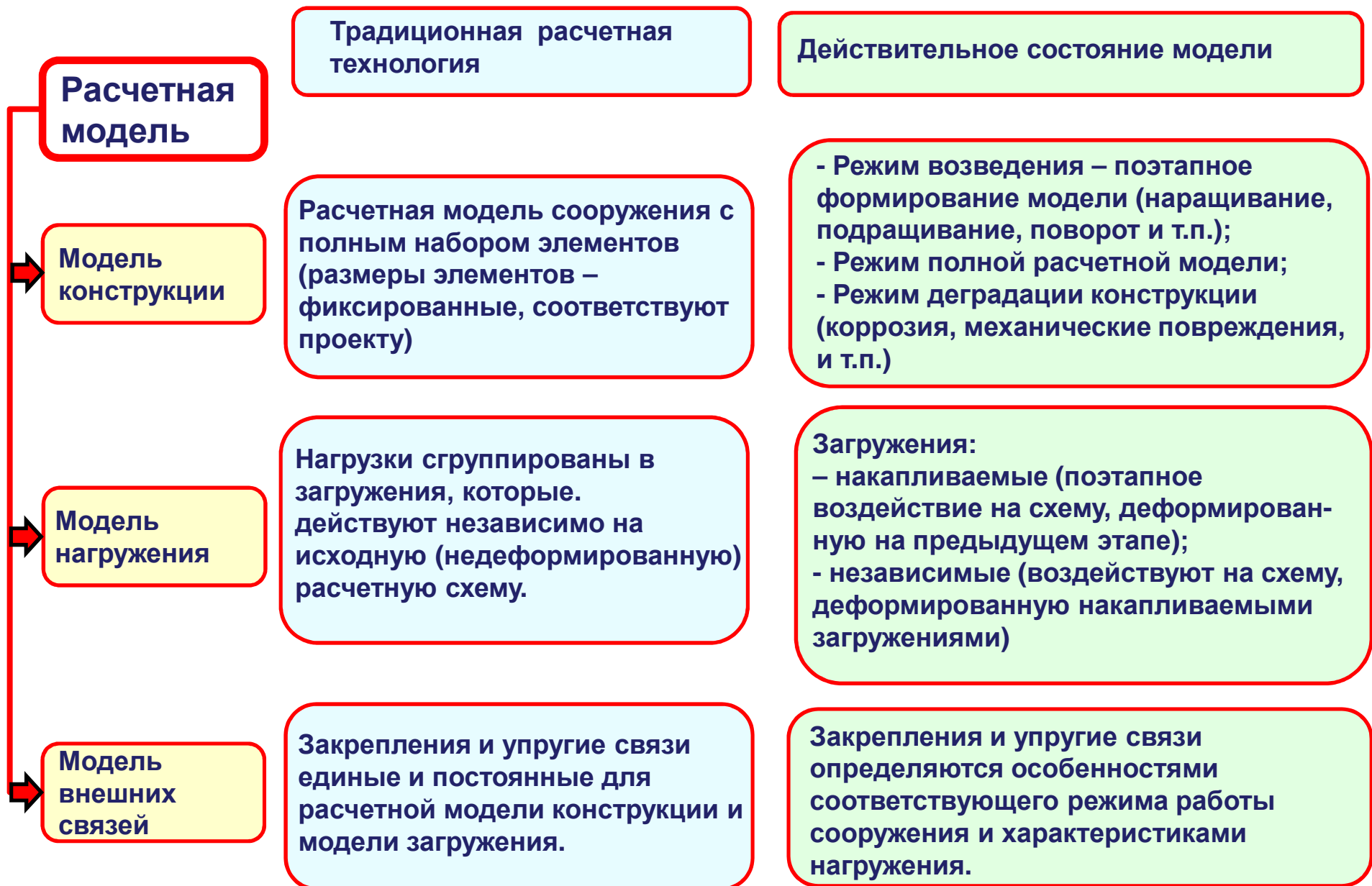
ЭФФЕКТЫ ИЗМЕНЕНИЯ ОСАДОК ВО ВРЕМЕНИ

Стыковка конструкций разнонагруженных отсеков зданий

Конструктивное решение.
Общая схема.



Основные режимы работы зданий и соответствующие им расчетные модели



Спасибо за внимание