Моделирование деформационных свойств оснований. Расчетные технологии. Анализ результатов.

Кабанцев О.В.,
МГСУ

Федеральный закон № 384 (от 30.12.2009 г.):
Статья 16 «Требования к обеспечению механической безопасности здания или сооружения»:

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).

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;

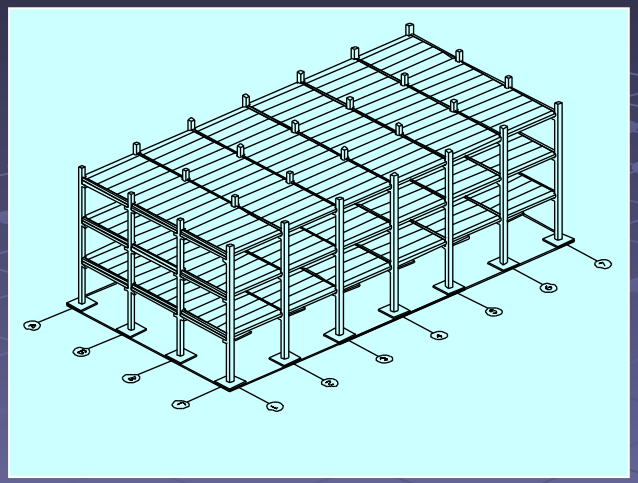
4) геометрическая и физическая нелинейность;

5) пластические и реологические свойства материалов и грунтов;

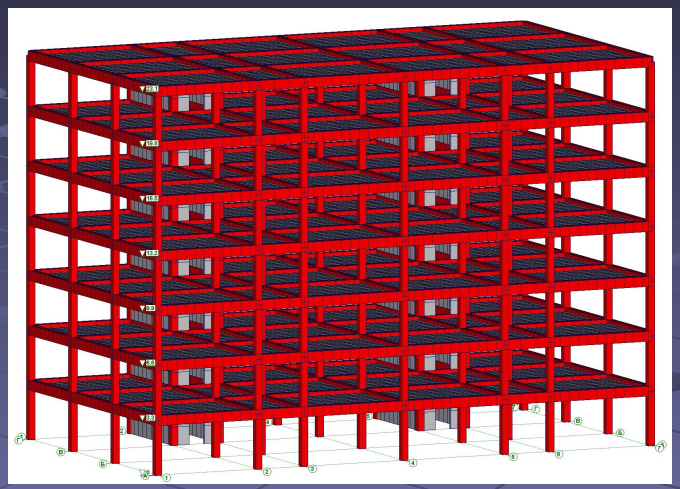
6) возможность образования трещин;

7) возможные отклонения геометрических параметров от их номинальных значений.

1. Столбчатые фундаменты на естественном основании.



Общий вид здания в железобетонном каркасе (фрагмент).



Расчетная модель в SCAD
1-й этап – жесткое защемление опорных узлов.

Расчет в SCAD

Комбинация нагрузок (нормативные значения)

N0

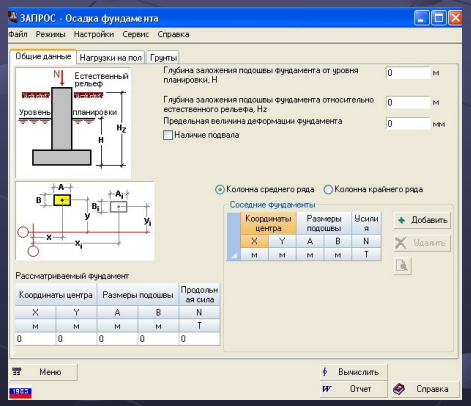
Mx0

My0

Qx0

Qy0

Расчет в «ЗАПРОС»



Bx

By

Rz

Осадка z

КЭ 51

EF

Расчет в SCAD

Расчетная модель в SCAD
2-й этап – расчетные значения деформационных параметров основания.

N

Mx

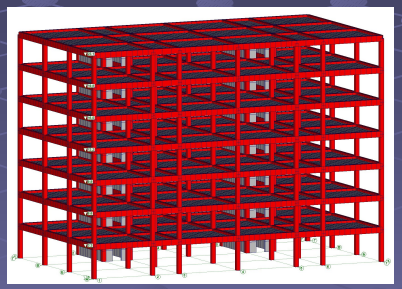
My

Qx

Qy

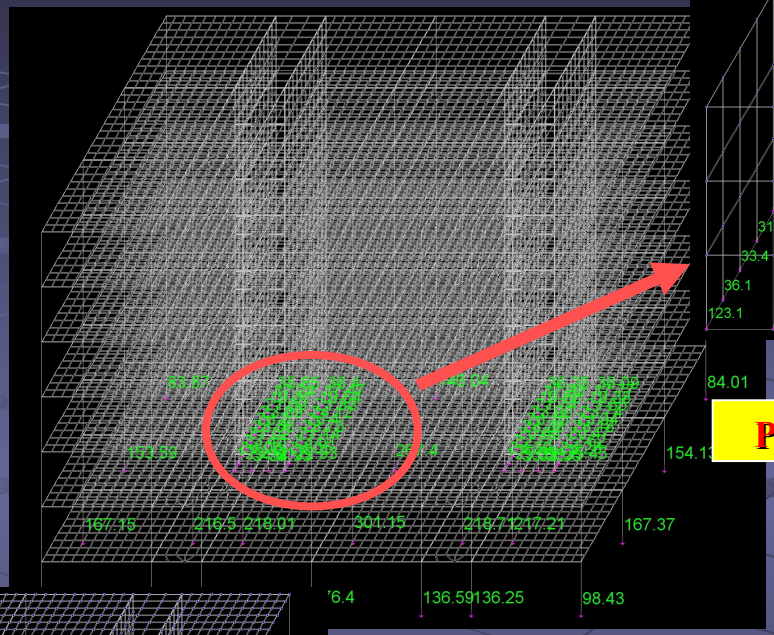
1. Столбчатые фундаменты на естественном основании. Пример расчета

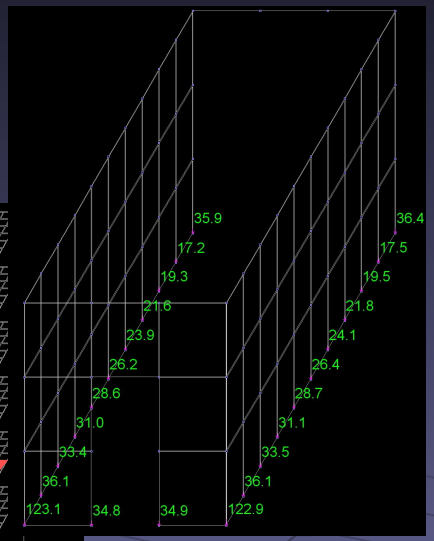
Расчетная модель в SCAD
1-й этап – жесткое защемление опорных узлов.



Расчет в SCAD

Комбинация нагрузок (нормативные значения) **N0**





Расчет в «ЗАПРОС»

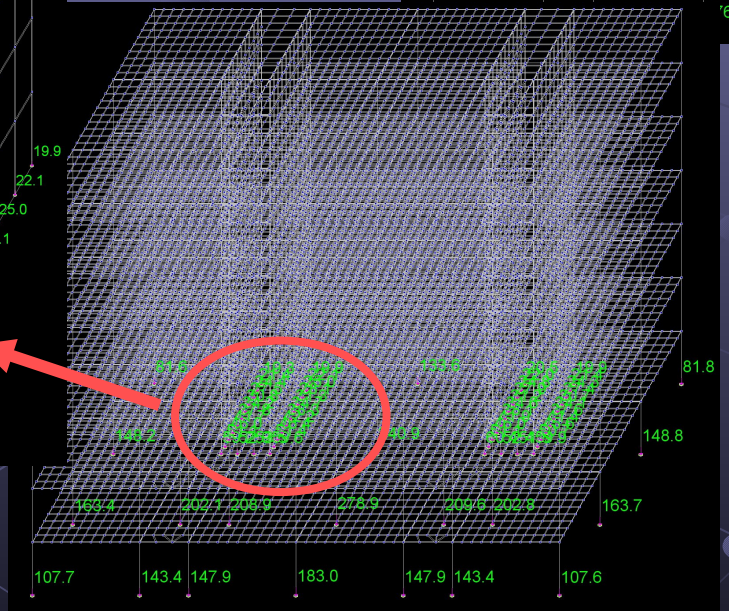
Bx
By
Rz
Осадка z

КЭ 51

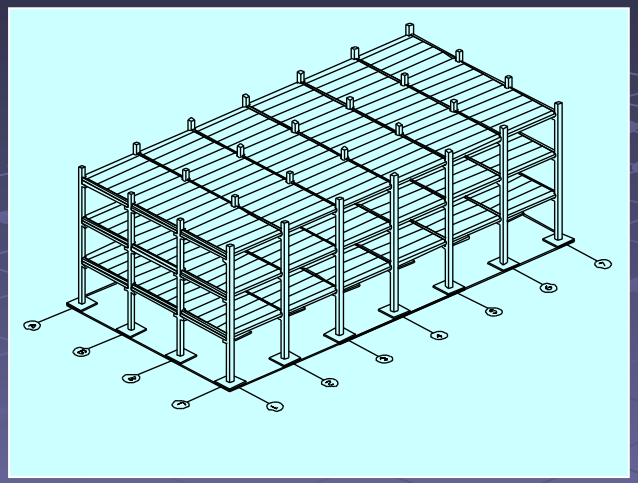
EF

Расчет в SCAD

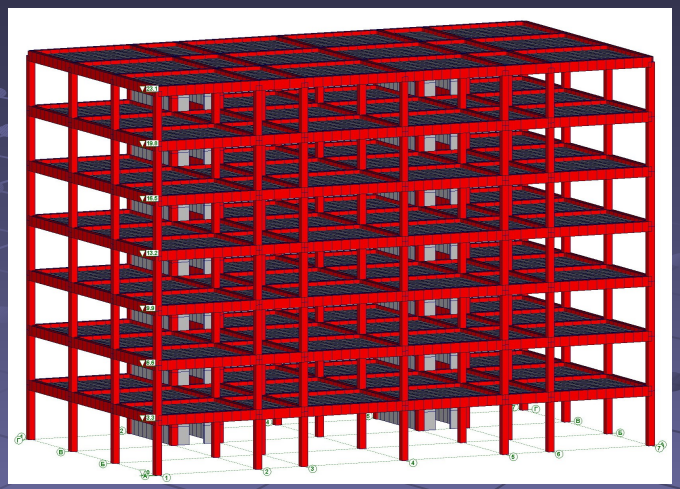
Расчетная модель в SCAD
2-й этап – расчетные значения деформационных параметров основания.



2. Столбчатые фундаменты на свайном основании (висячие сваи).



Общий вид здания в железобетонном каркасе (фрагмент).



Расчетная модель в SCAD
1-й этап – жесткое защемление опорных узлов.

Расчет в SCAD

Комбинация нагрузок (нормативные значения)

N0

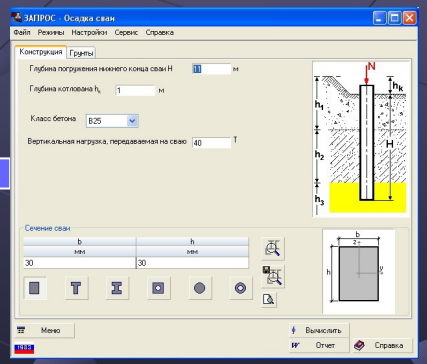
Mx0

My0

Qx0

Qy0

Расчет в «ЗАПРОС»



$N \le F_d/\gamma_k$

Группа из *n* свай

$R_s=f(n)$

$R_s>>1.0$

Осадка группы свай

$S_g=S_1 R_s$

КЭ 51

EF группы свай

Расчет в SCAD

Расчетная модель в SCAD
2-й этап – расчетные значения деформационных параметров основания.

N

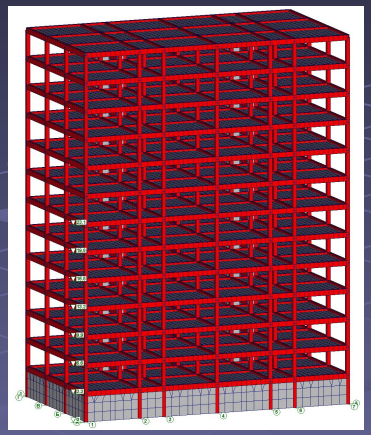
Mx

My

Qx

Qy

3. Свайный ростверк (висячие сваи).



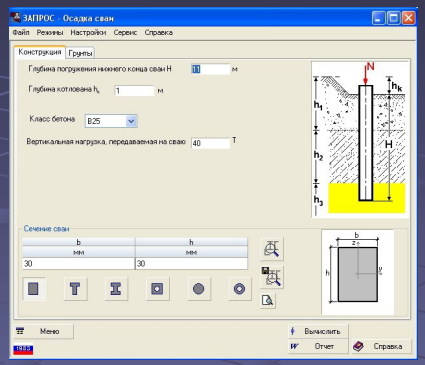
Расчетная модель в SCAD
1-й этап – жесткое защемление опорных узлов.
Удобный шаг опорных узлов = 1,0 м

Расчет в SCAD

Комбинация нагрузок (нормативные значения)

R_{z0}

Расчет в «ЗАПРОС»



$N \leq F_d/\gamma_k$

$\gamma_k = 1{,}4$

Группа из n свай

$R_s = f(n)$

$R_s >> 1.0$

Осадка группы свай

$S_g = S_1 R_s$

Расчет в SCAD

КЭ 51

EF группы свай

Расчетная модель в SCAD
2-й этап – расчетные значения деформационных параметров основания.

R_{z1}

$N \leq F_d/\gamma_k$

Группа из n свай

$R_s = f(n)$

$R_s >> 1.0$

Осадка группы свай

$S_g = S_1 R_s$

КЭ 51

EF группы свай

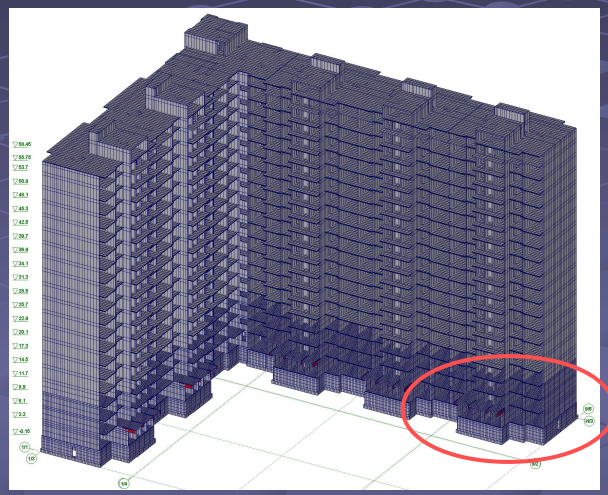
Расчет в SCAD

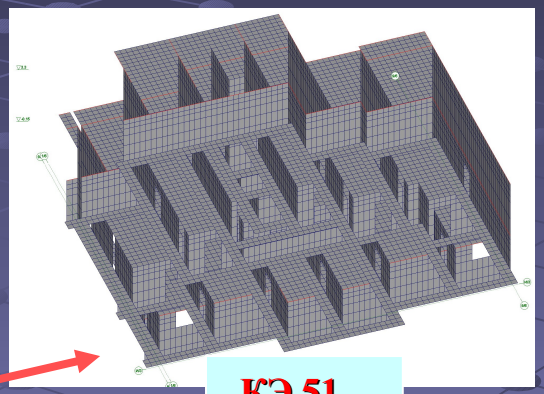
Расчетная модель в SCAD
3-й этап – расчетные значения (откорр) деформационных параметров основания.

Усилия, напряжения и армирование элементов

3-1. Свайный ростверк (висячие сваи) – анализ НДС реальных конструкций.

Анализ конструктивного решения.
1-й этап: построение расчетной модели с фактическим положением свай.
EFкэ51=по расчету факт. сваи при Nmax





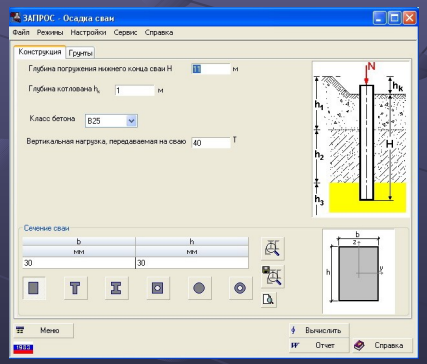
КЭ 51
EF

Расчет в SCAD

Комбинация нагрузок (нормативные значения)

R_{z0}

Расчет осадки в «ЗАПРОС»



Группа из *n* свай
$R_s=f(n)$
$R_s>>1.0$
Осадка группы свай
$S_g=S_1 R_s$

КЭ 51
EFcorr

Расчет в SCAD

R_{zcorr}

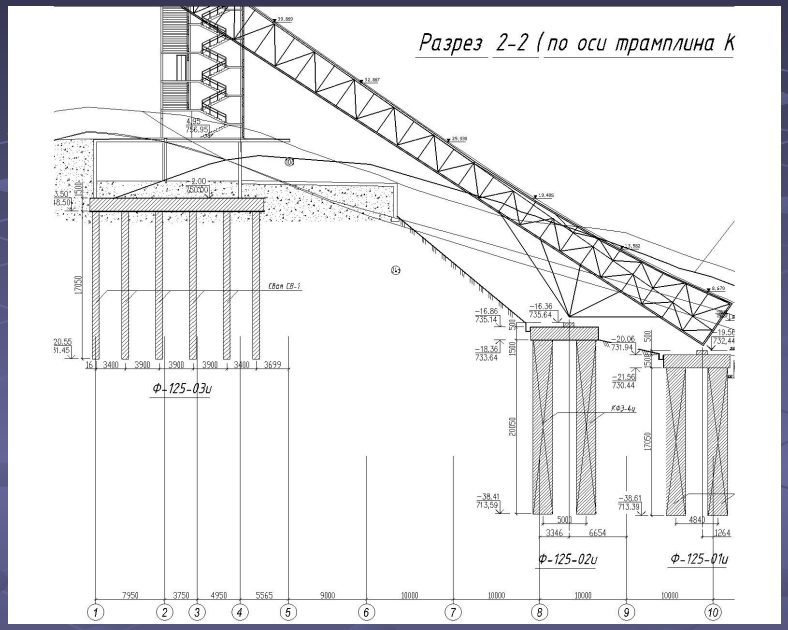
При
$N>F_d/\gamma_k$

Уточнение несущей способности висячей сваи по данным статического зондирования или испытания сваи
$\gamma_k=1,25$

Возможные варианты:
-Замена КЭ51 с $N>F_d/\gamma_k$ силой $N=F_d/\gamma_k$;
-Расчет с перераспределением усилий.
Внимание!!! График работы сваи!!!

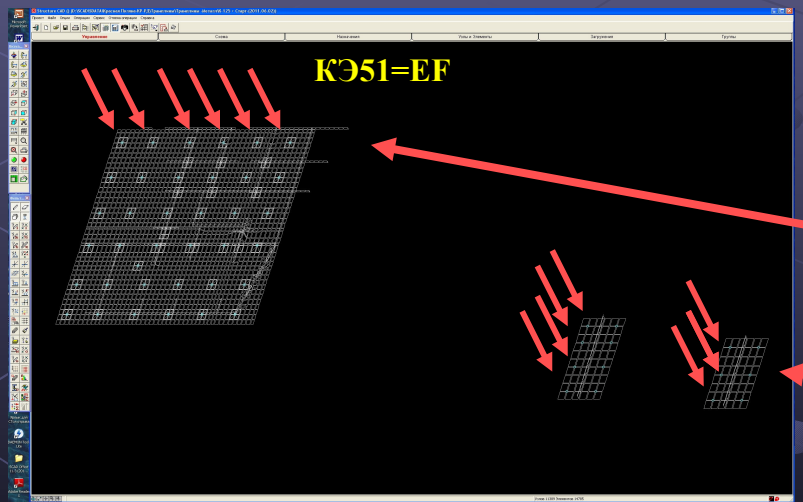
Свайное основание.
Особенности моделирования

1. Моделировать следует не форму, но ФУНКЦИЮ.



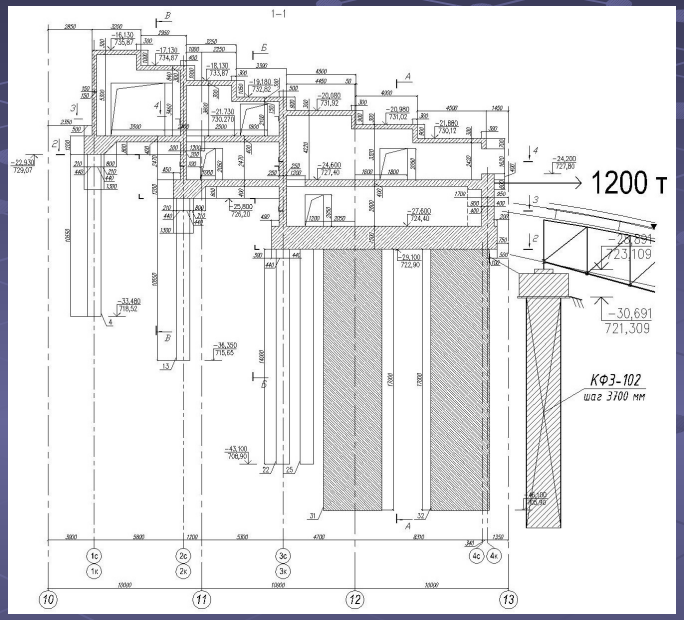
Моделирование формы

Моделирование функции

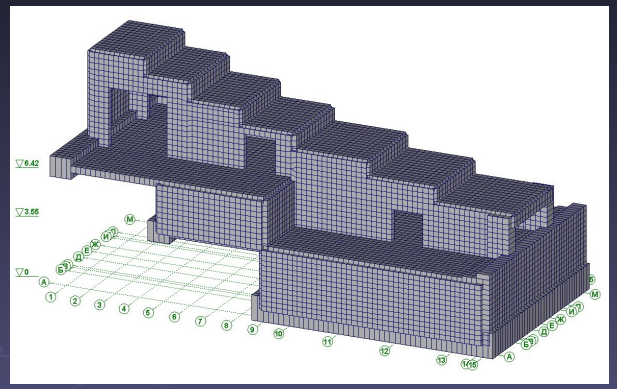


Свайное основание.
Особенности моделирования

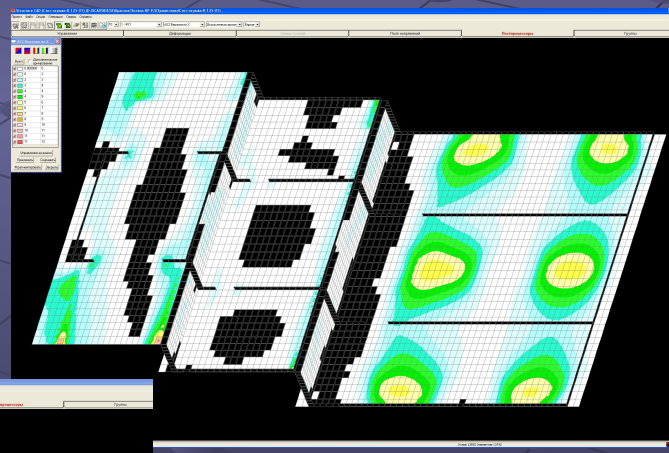
2. Моделировать следует не выборочные функции, но весь КОМПЛЕКС ФУНКЦИЙ.

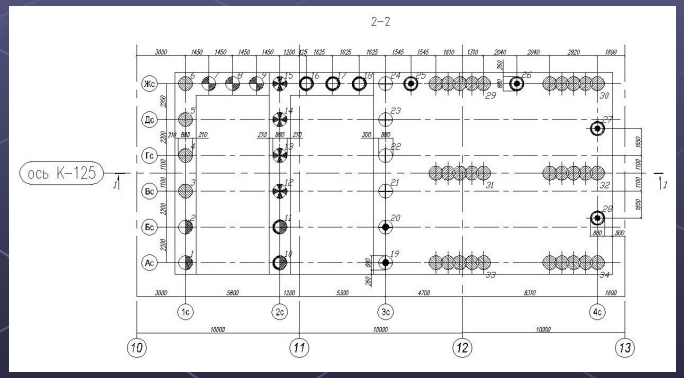


Моделирование
отдельных
функций
коэффициент постели(С1)

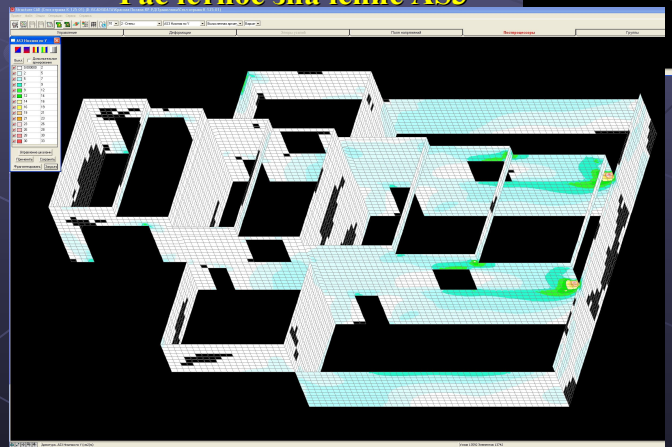


Расчетное значение AS2



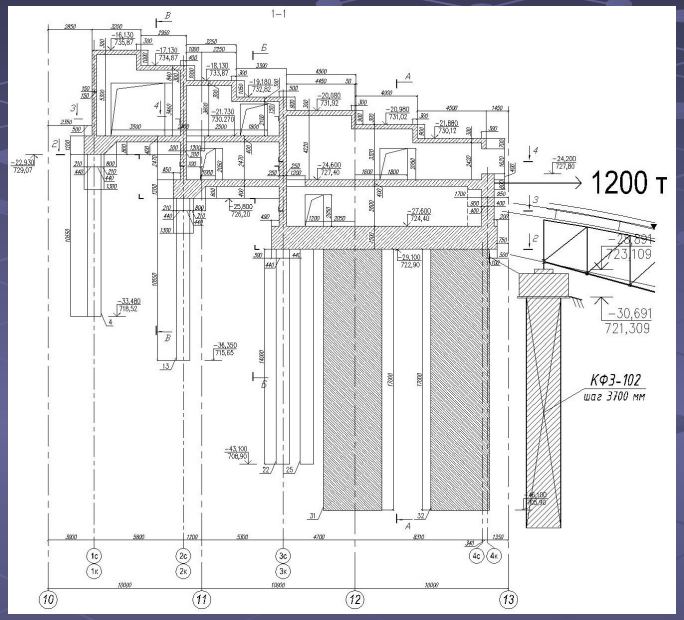


Стены.
Расчетное значение AS3

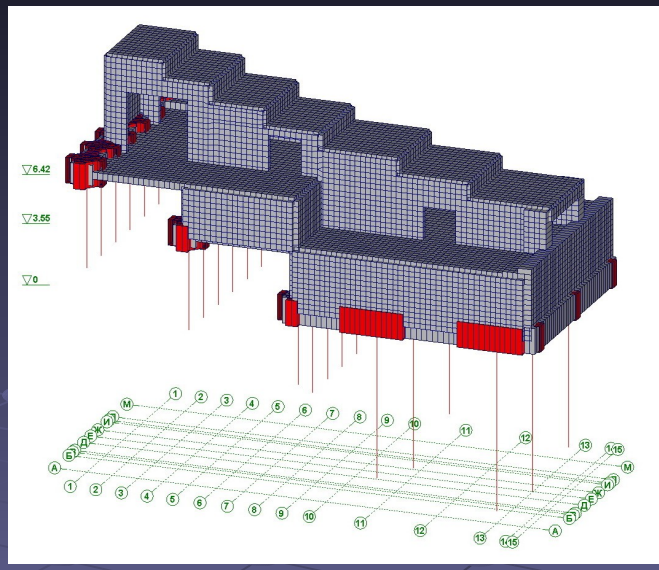


Свайное основание.
Особенности моделирования

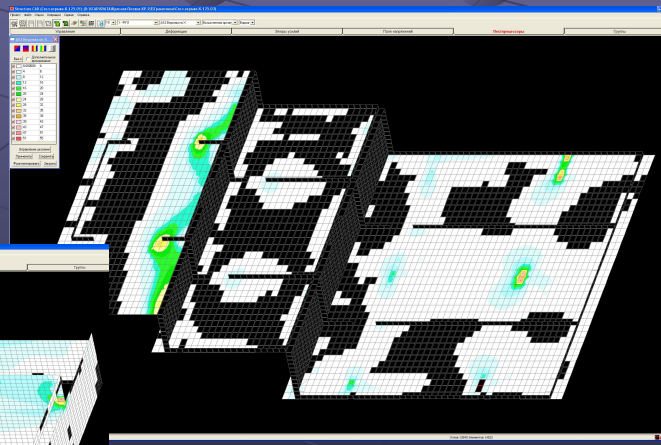
2. Моделировать следует не выборочные функции, но весь КОМПЛЕКС ФУНКЦИЙ.

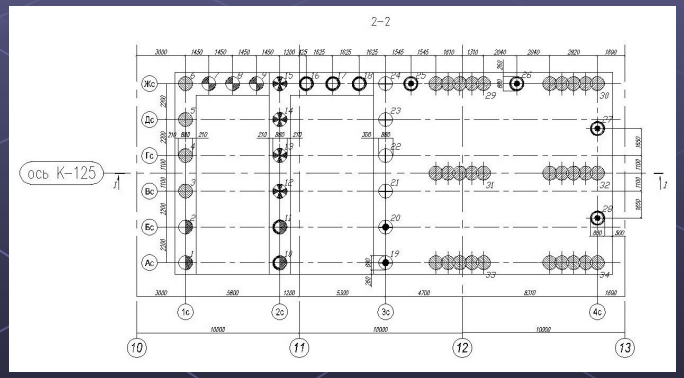


Моделирование
комплекса
функций свай:
расчетная длина +
EF + EI + GF

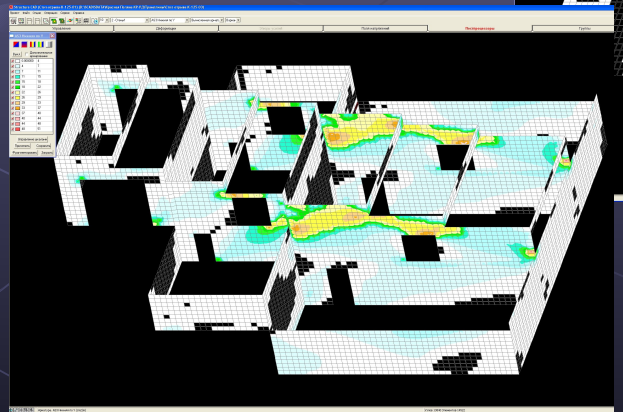


Ростверк.
Расчетное значение AS2



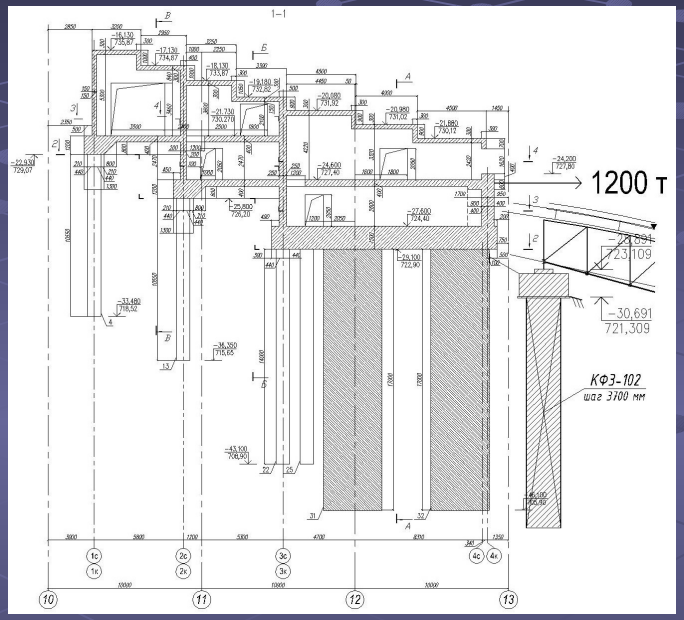


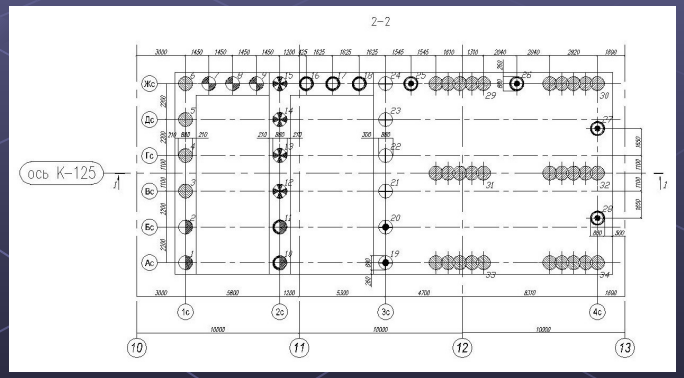
Стены.
Расчетное значение AS3



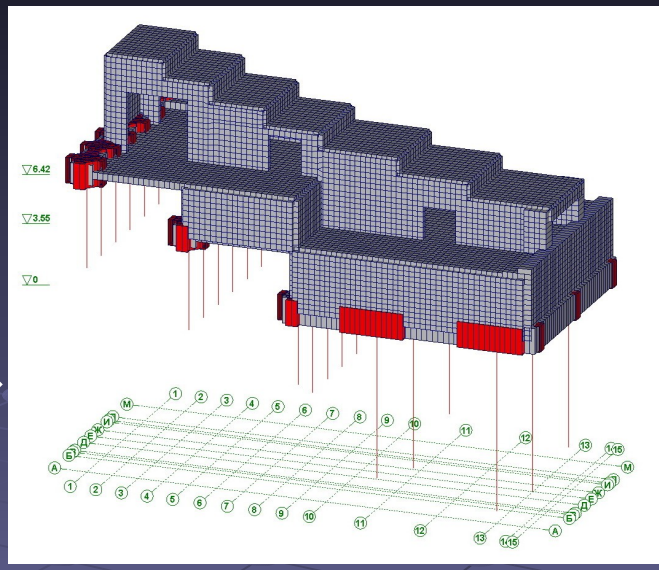
Свайное основание.
Особенности моделирования

2. Моделировать следует не выборочные функции, но весь КОМПЛЕКС ФУНКЦИЙ.

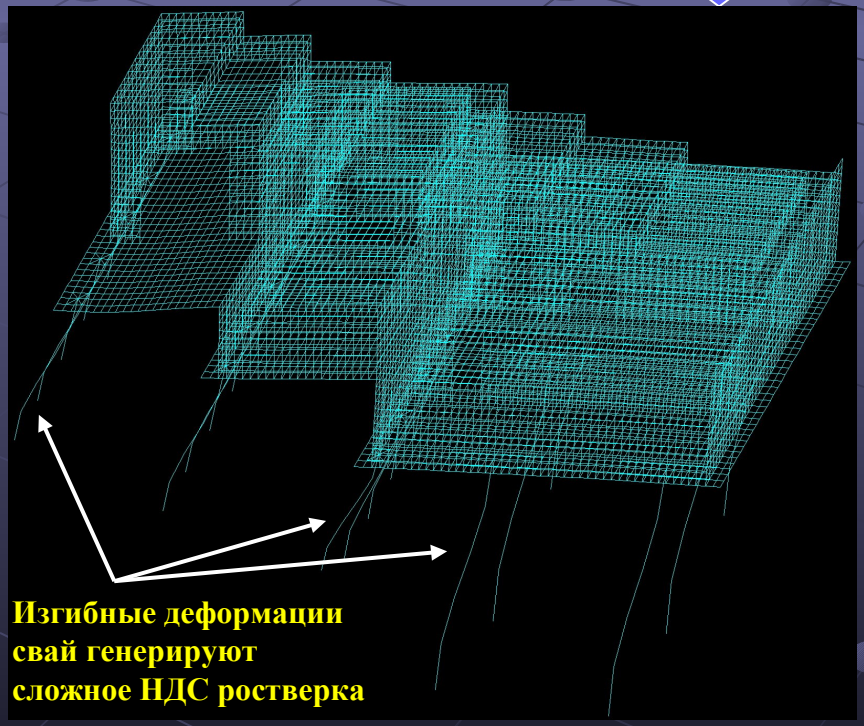




Моделирование **комплекса** функций свай: расчетная длина + EF + EI + GF



Деформированная схема сооружения



Изгибные деформации свай генерируют сложное НДС ростверка

Свайное основание.
Особенности моделирования свайного поля

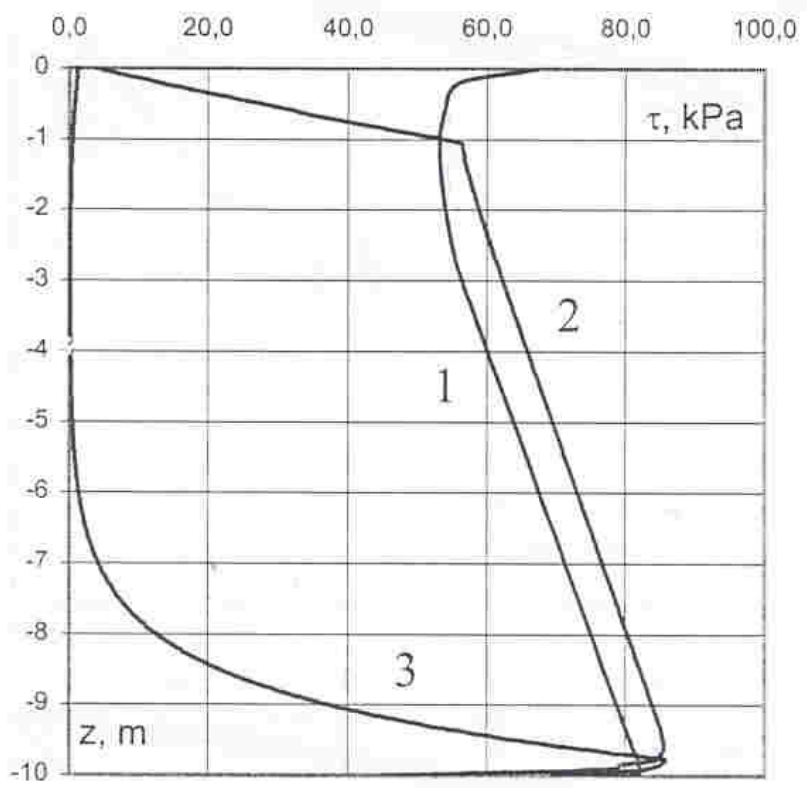
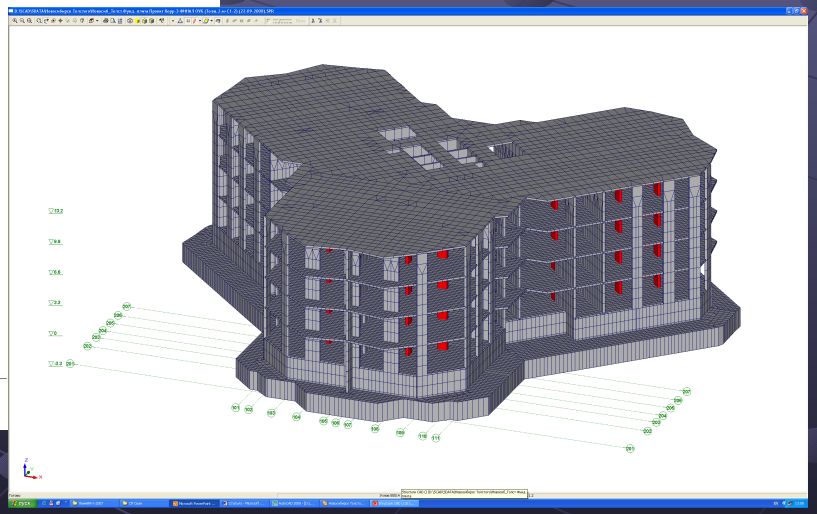


Рис. 3. Эпюры контактного трения по длине сваи для одиночной сваи (1), сваи из поля с шагом 1 м (3) и для одиночной сваи под плитой (2)

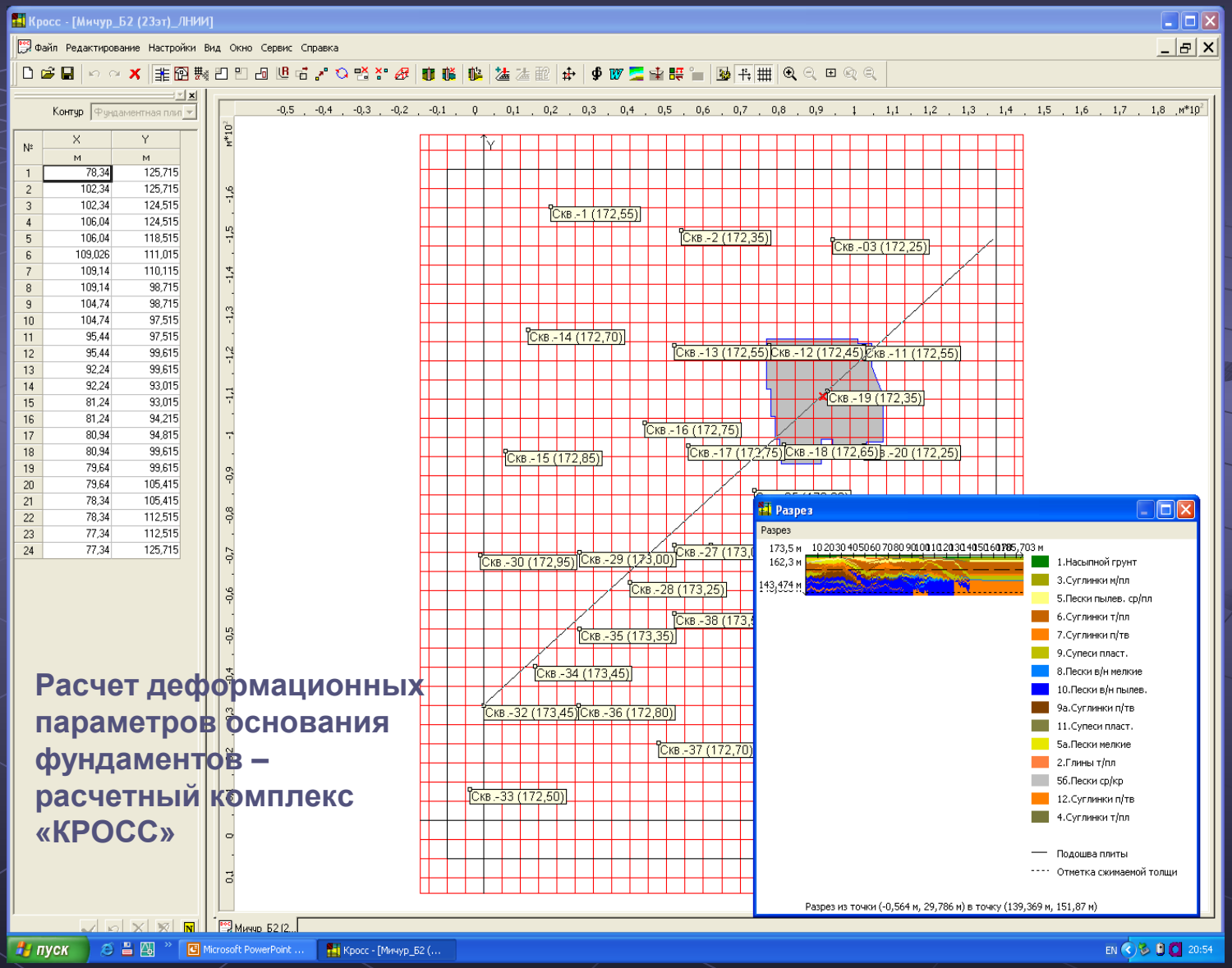
Принципиальные положения механики контактного трения свай.
(В.Федоровский, С.Курилло, А.Скороходов)

Свайное основание.
Особенности моделирования свайного поля

Свайный фундамент 30-ти этажного дома.
Вариант с буронабивными сваями (CFA) D800 мм L=11 м.
Расчет по деформационным критериям свайного поля.
Расчет деформационных параметров свайного основания – как фундамента на глубине 0,8 Lсваи: переменное значение С1 по методике В. Федоровского («КРОСС»).



Свайное основание.
Особенности моделирования свайного поля



Расчет деформационных параметров основания фундаментов – расчетный комплекс «КРОСС»

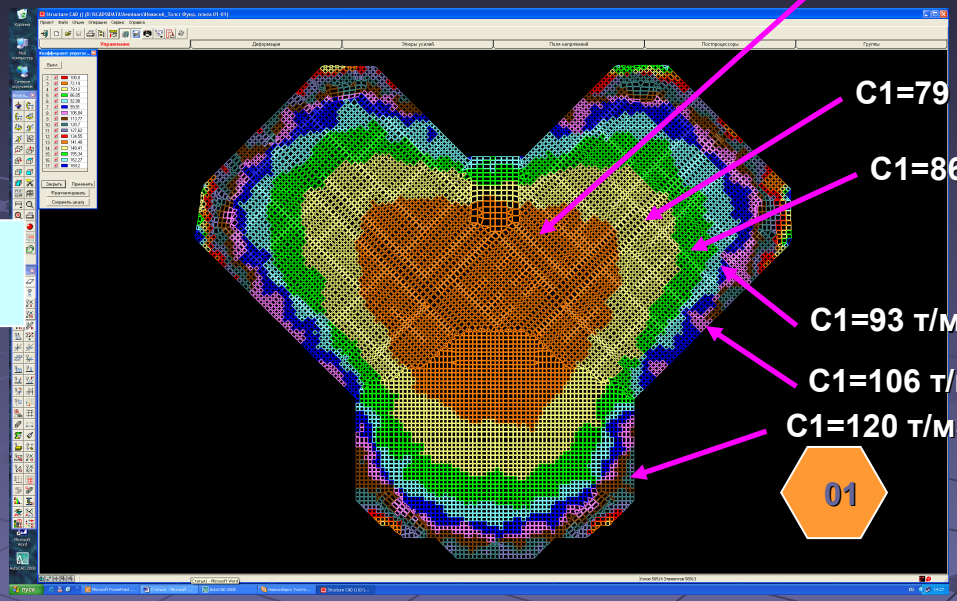
К вопросу об итерационной технологии уточнения С1.

Фундаментные плиты. Свайные поля.
Особенности определения деформационных параметров основания.

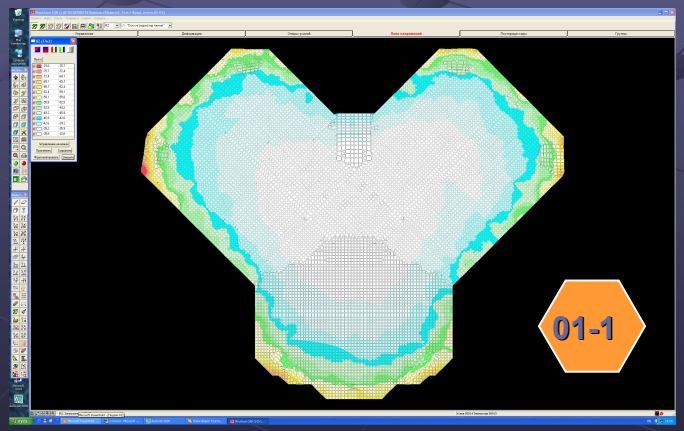
К вопросу об итерационной технологии уточнения С1.

Исходная модель SCAD (С1=const) RZ

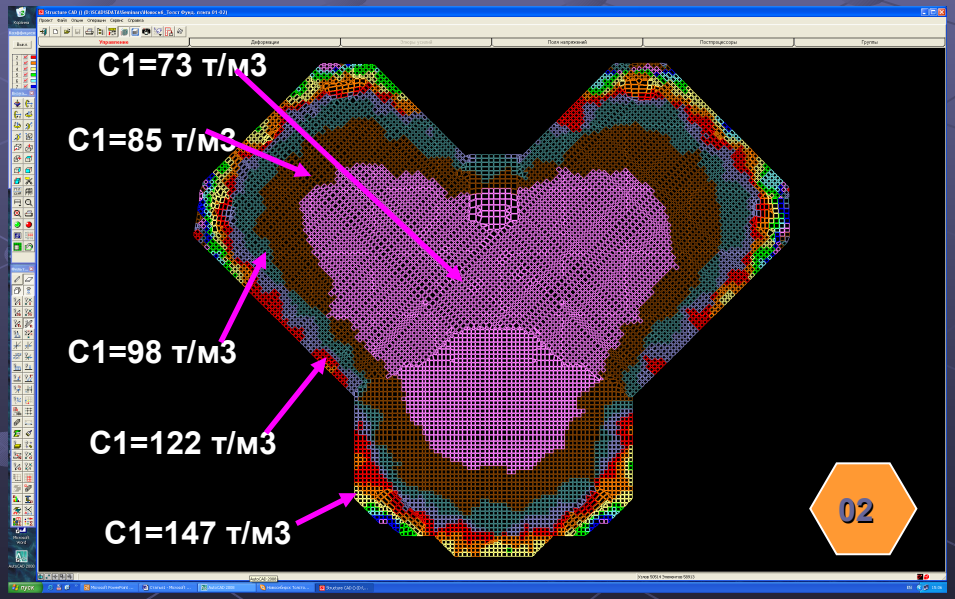
RZ



С1$_{01}$

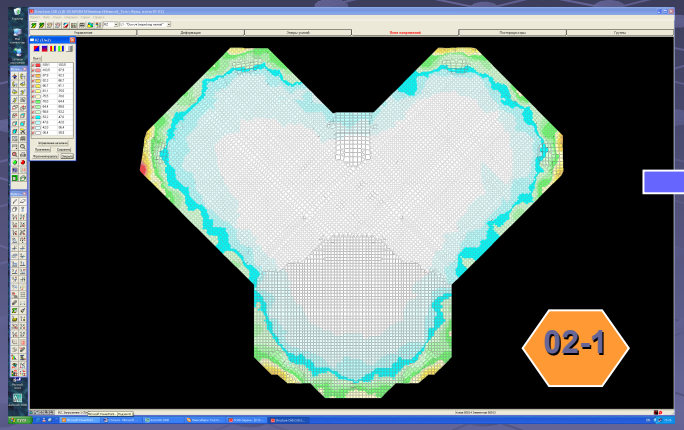


RZ

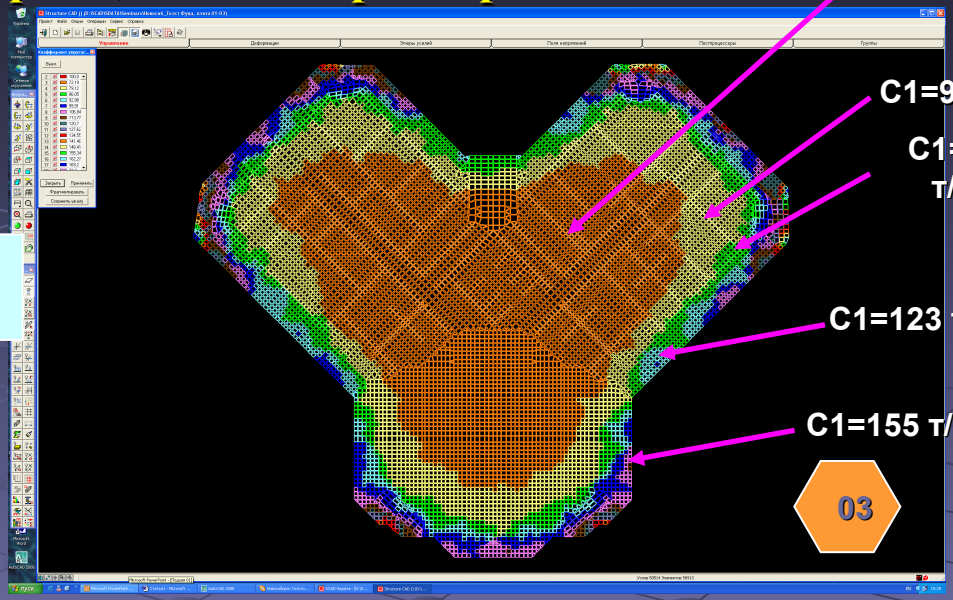


Фундаментные плиты. Свайные поля.
Особенности определения деформационных параметров основания.

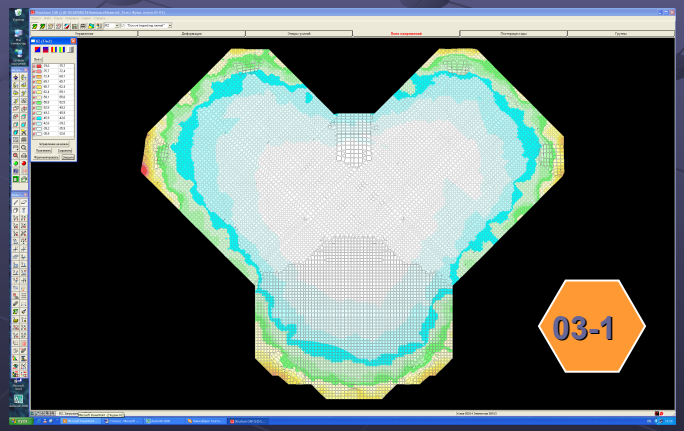
К вопросу об итерационной технологии уточнения С1.



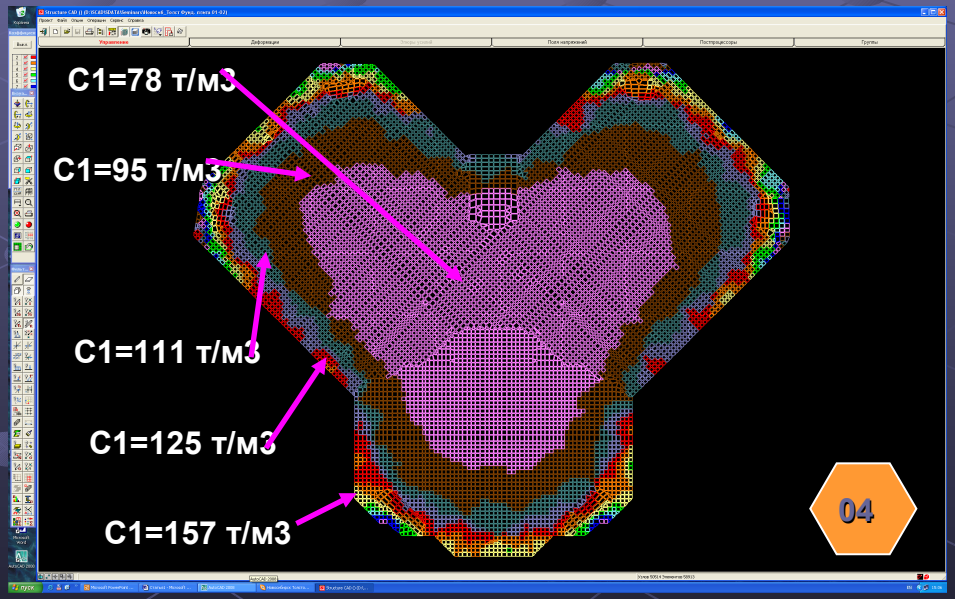
RZ



С1$_{03}$



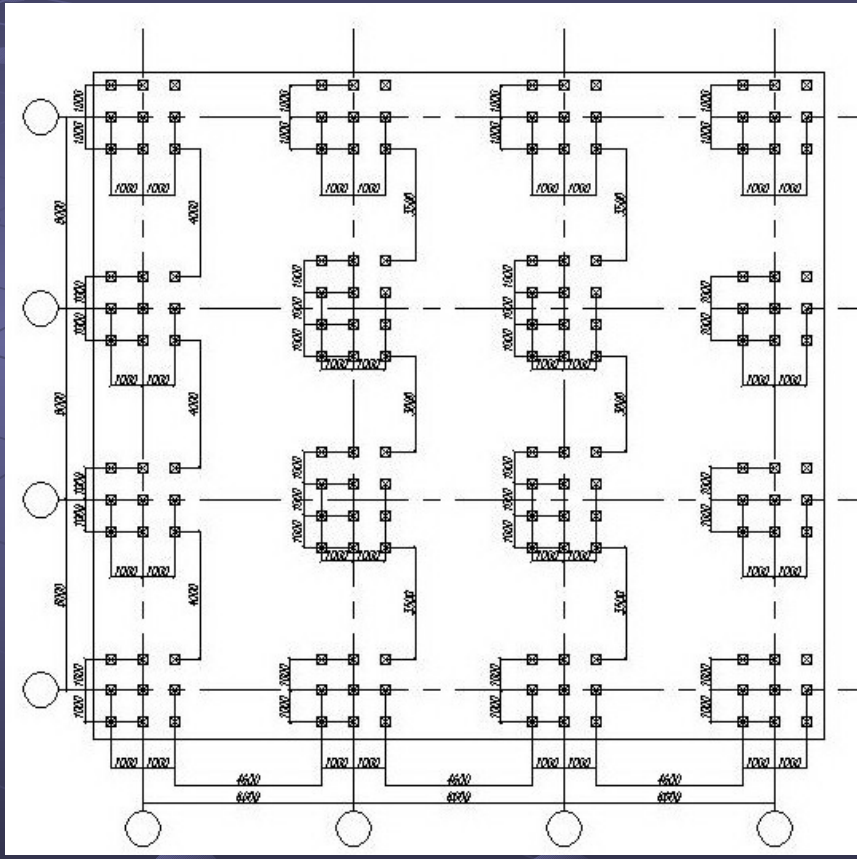
RZ



Комбинированные плитно-свайные фундаменты. Особенности деформирования и реализации проектных решений.

Нормативная концепция:
Плита на упругом основании (С1) + сваи (EF)

Конструктивное решение Тип 1:
Плитный ростверк + группы свай.
Группы свай – из n свай на расстоянии 3-5d (группа из 12 свай с размером группы 2х3 м;
Расстояния между группами свай – 13-15d;

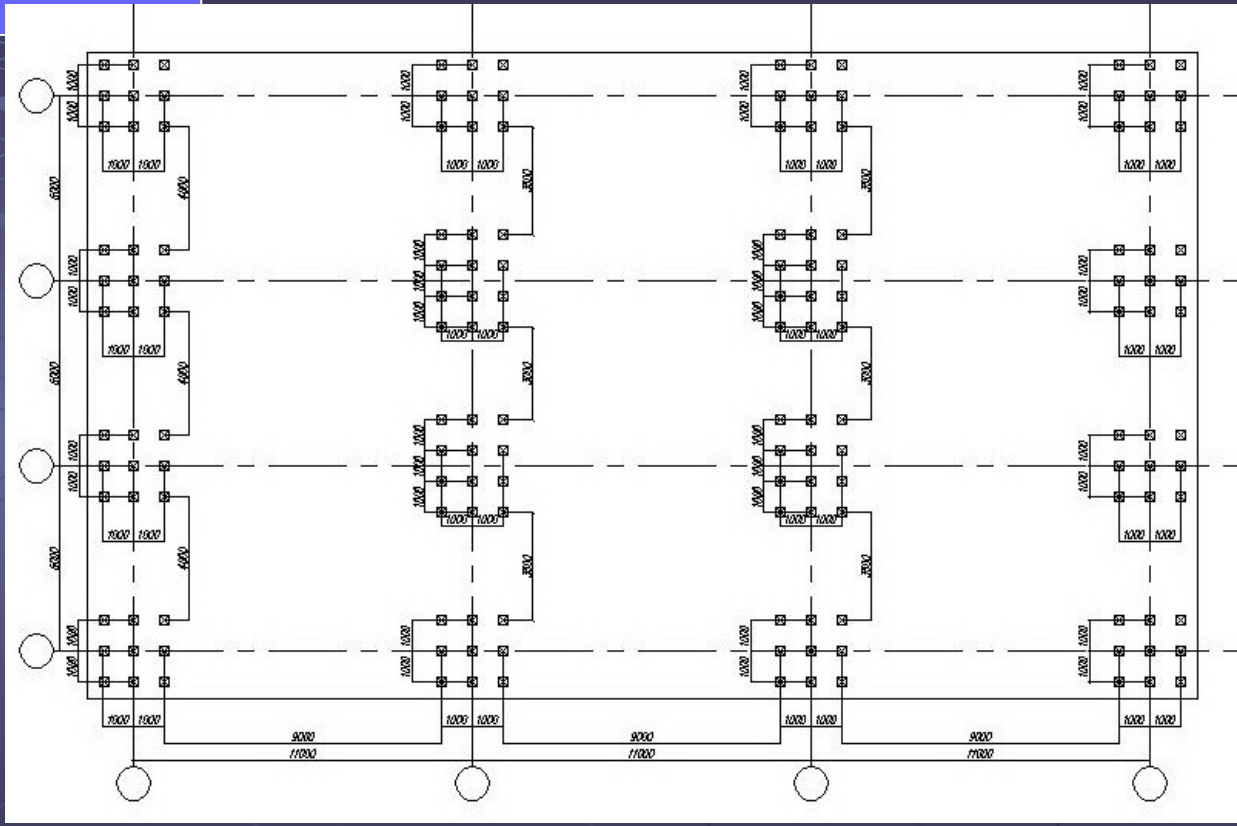


<u>Анализ работы конструктивного решения Тип 1:</u>
Сваи в группе деформируются как единый конструктивный элемент – БОЛЬШАЯ СВАЯ (D).
Расстояние между группами свай (БОЛЬШИМИ СВАЯМИ) - 2-3D.
Весь комплекс свай деформируется как единая СВЕРХБОЛЬШАЯ СВАЯ.
Плитный ростверк **<u>не включается</u>** в работу как конструктивный элемент на упругом основании.

Комбинированные плитно-свайные фундаменты. Особенности деформирования и реализации проектных решений.

Нормативная концепция:
Плита на упругом основании (С1) + сваи (EF)

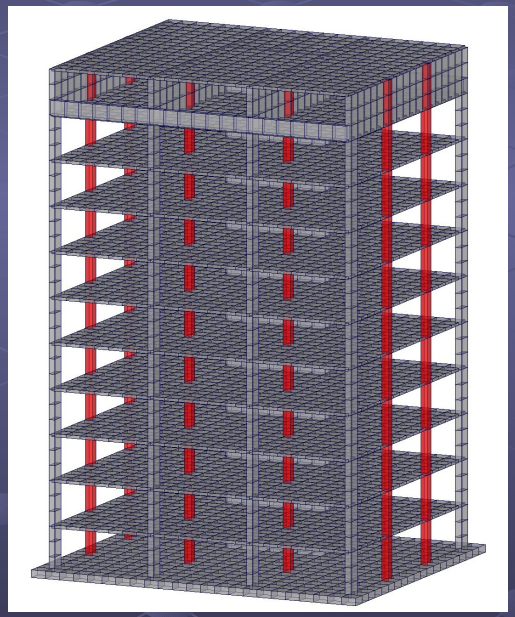
Конструктивное решение Тип 2:
Плитный ростверк + группы свай.
Группы свай – из n свай на расстоянии 3-5d (группа из 12 свай с размером группы 2х3 м;
Расстояния между группами свай – 15-30d;



<u>Анализ работы конструктивного решения Тип 2:</u>
Сваи в группе деформируются как единый конструктивный элемент – БОЛЬШАЯ СВАЯ (D).
Расстояние между группами свай (БОЛЬШИМИ СВАЯМИ) - 2-5D.
Весь комплекс свай деформируется как единая СВЕРХБОЛЬШАЯ СВАЯ. Плитный ростверк **<u>частично включается</u>** в работу как конструктивный элемент на упругом основании.
Степень включения в работу ростверка можно определить расчетом в PLAXIS.

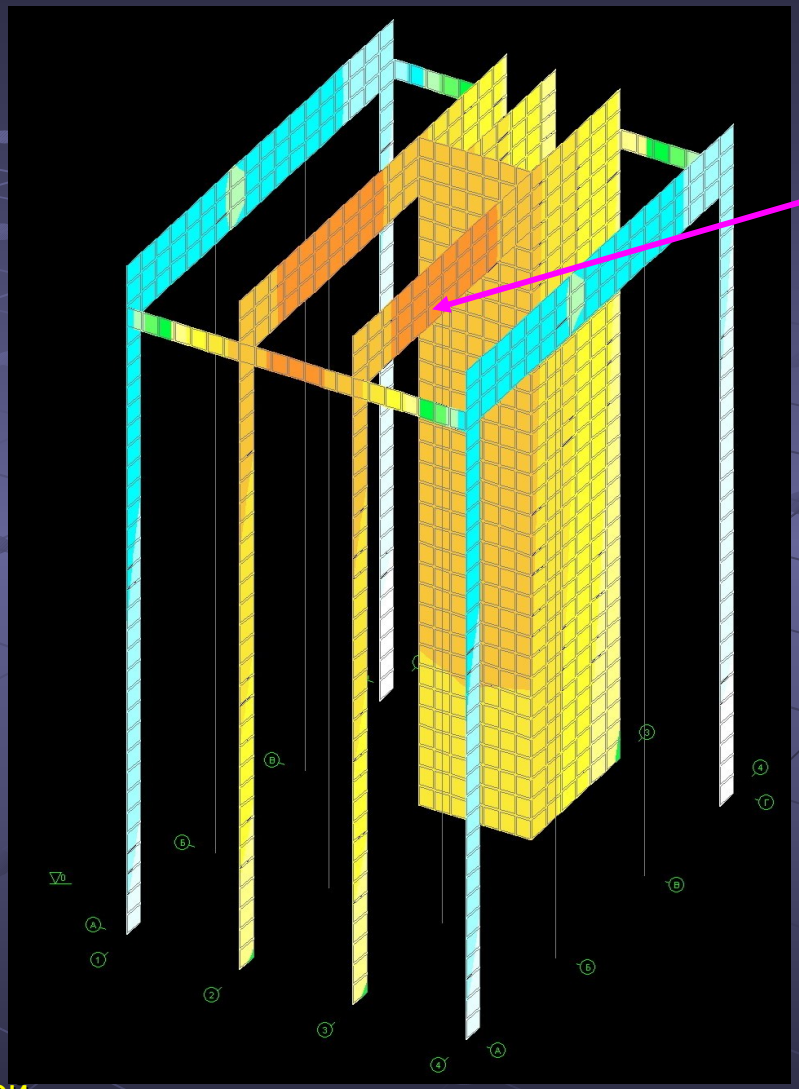
Плита на упругом основании.
Расчет деформированного состояния. Особенности расчетной технологии.

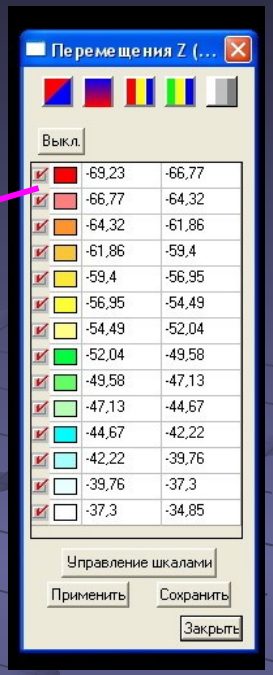
Расчет вертикальных деформаций
Традиционная методика расчета



Общий вид расчетной модели «Test-01 +фундаментная плита». С1=500т/м3

Перекрытия модели загружены равномерной распределенной нагрузкой 15 кПа.

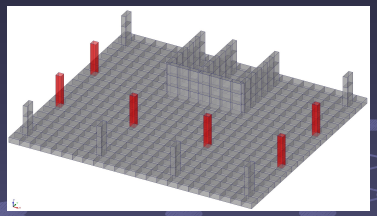




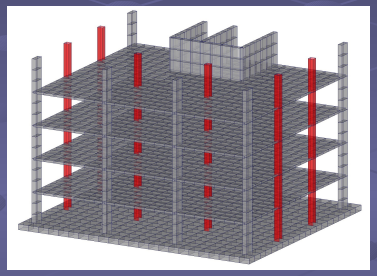
Изополя деформаций (по Z) вертикальных конструкций

Расчет вертикальных деформаций
Методика расчета «Монтаж»

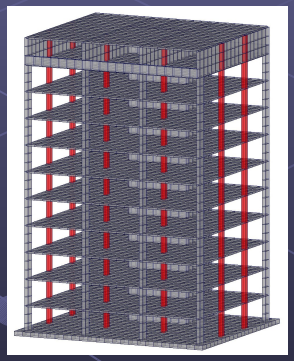
Плита на упругом основании. Расчет деформированного состояния. Особенности расчетной технологии.



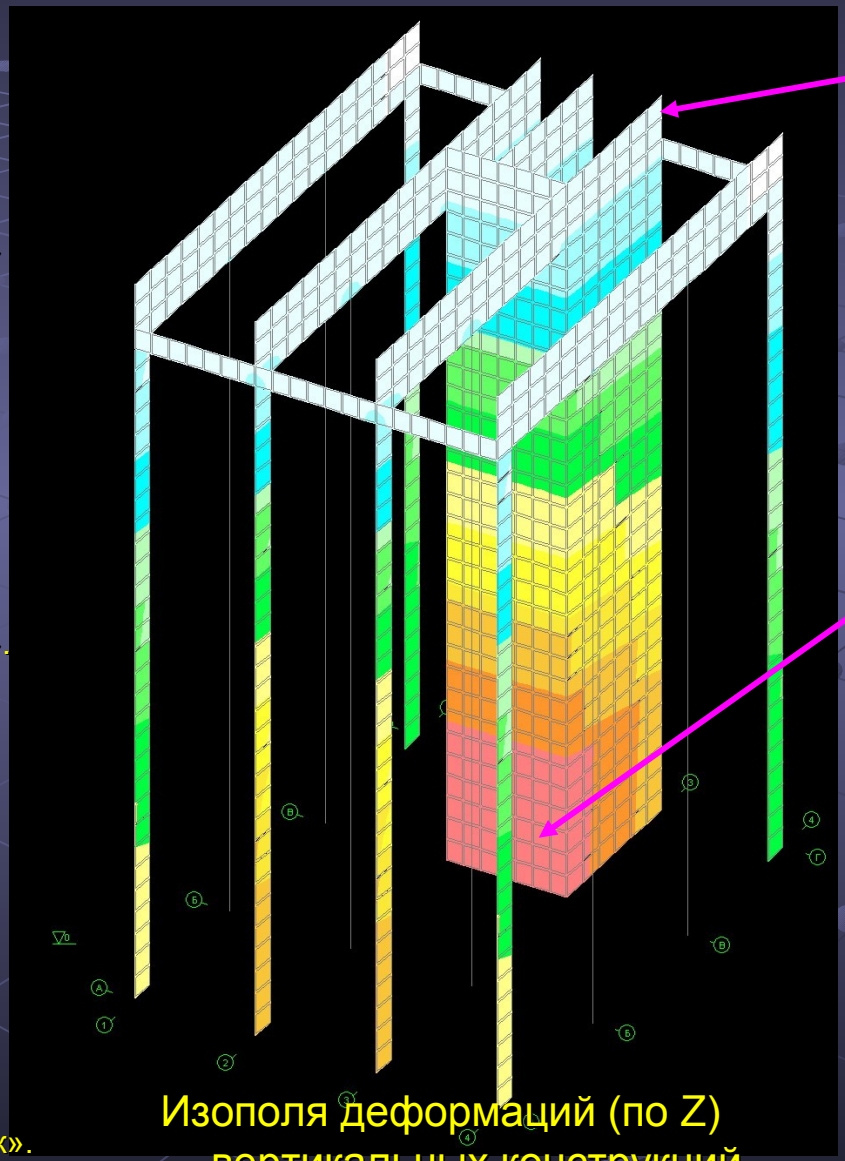
1 этап расчета модели «Test-01+фунд. плита+Монтаж» С1=500т/м3.



5 этап расчета модели «Test-01+фунд. плита+Монтаж». С1=500т/м3.



12 этап расчета модели «Test-01+фунд. плита+Монтаж». С1=500т/м3.



Изополя деформаций (по Z) вертикальных конструкций

Деформации конструкций нижнего яруса компенсированы увеличением длин колонн и стен на предыдущих этапах «монтажа»

Внимание!!!

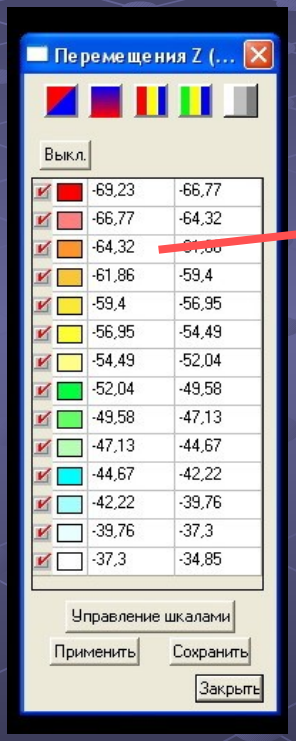
C1 = f(Rz)

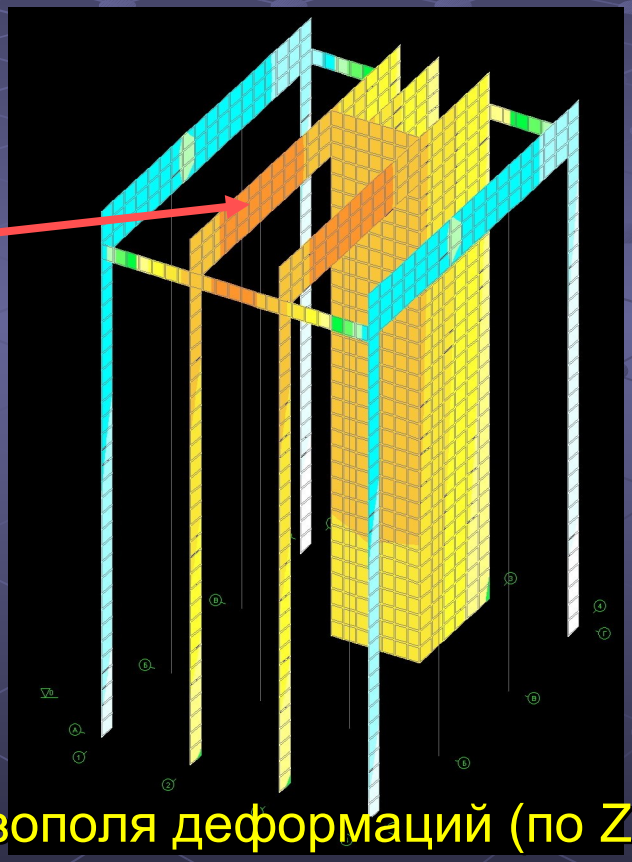
Rz – переменно по этапам!

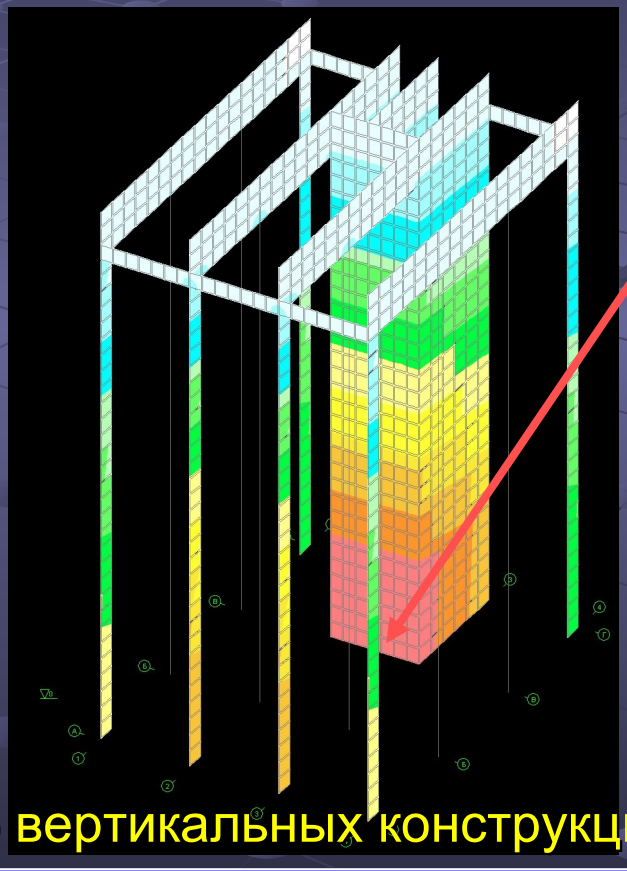
Плита на упругом основании.
Расчет деформированного состояния. Особенности расчетной технологии.

Расчет вертикальных деформаций
Традиционная методика расчета

Расчет вертикальных деформаций
Методика расчета «Монтаж»







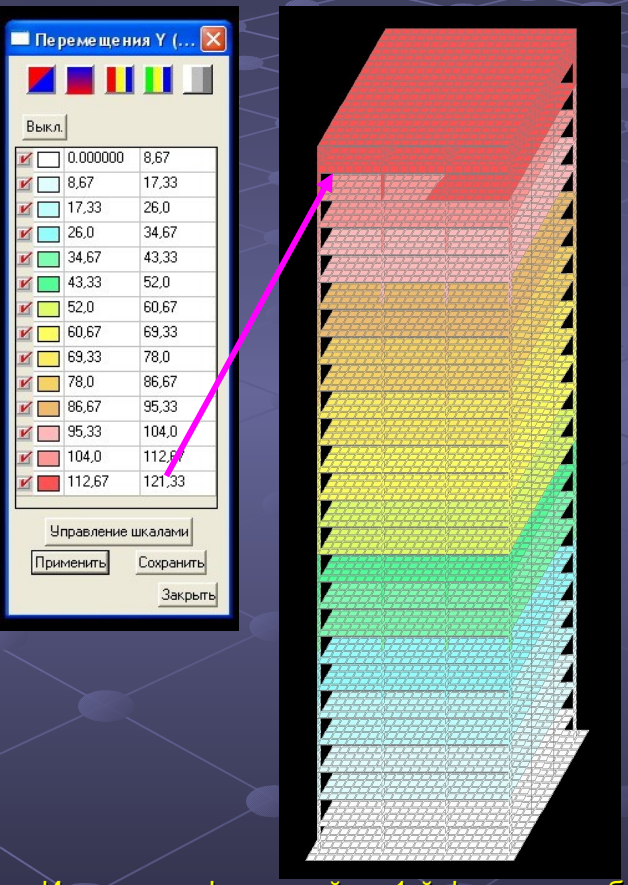
Изополя деформаций (по Z) вертикальных конструкций

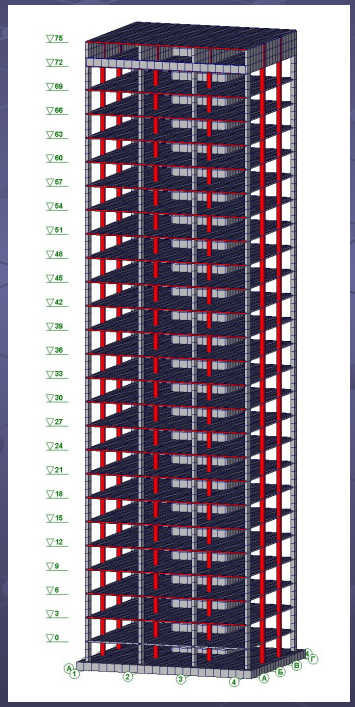
Внимание!!! *C1 = f(Rz)*
Rz – переменно по этапам!

Плита на упругом основании.
Расчет динамических характеристик и деформаций.
Особенности расчетной технологии.

Расчет на динамические (кратковременные) воздействия

Традиционная методика расчета

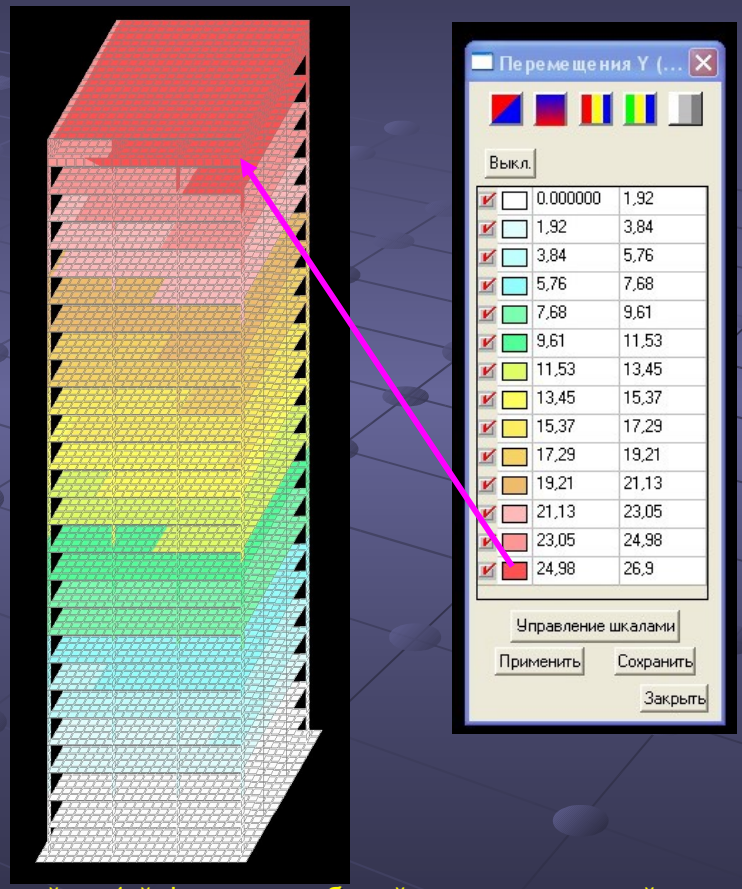




Изороля деформаций по 1-й форме колебаний ветрового воздействия (Т1=11,54 сек); макс. ускорение=0,0359 м/сек2.

Коэффициенты постели (общие для всех воздействий) С1=80 т/м3; 125 т/м3; 160 т/м3.

Методика расчета «Монтаж»



Изороля деформаций по 1-й форме колебаний ветрового воздействия (Т1=5,65 сек) макс. ускорение=0,0329 м/сек2.

Коэффициенты постели:

для длительных нагрузок - С1=80 т/м3; 125 т/м3; 160 т/м3.

для динамических воздействий - С1=800 т/м3; 1250 т/м3; 1600 т/м3

Выводы:

«Формой мы уже овладели, теперь надо подробности не упускать!»

М.М. Жванецкий

«Моделировать следует не форму, но ФУНКЦИЮ.»

Прохожий