

## Методы моделирования и расчета свайных фундаментов в SCAD Office

Виктор Сергеевич Михайлов

Руководитель новосибирского центра технической поддержки SCAD  
Office

Андрей Владимирович Теплых

Руководитель самарского центра технической поддержки SCAD Office

Ярослав Владимирович Вольф

Главный инженер ПКБ «ГИПЕРИОН», г. Новосибирск

12 октября 2016 г.

Киев

# Порядок расчета свайных фундаментов

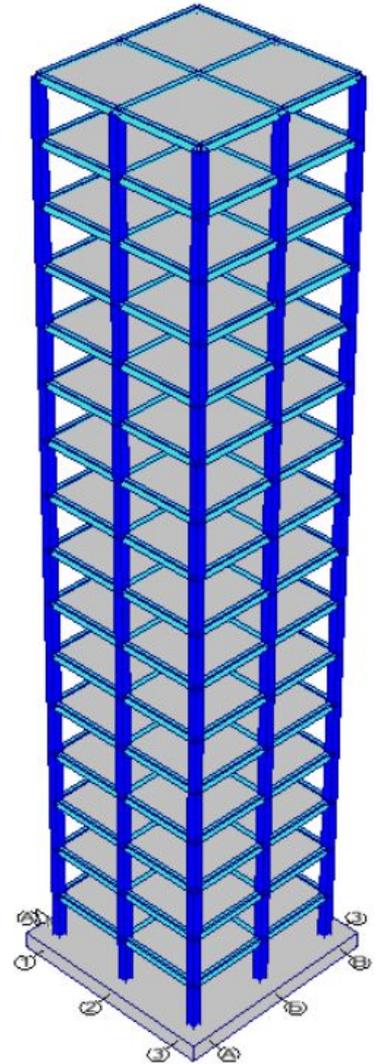
Технология статического расчета и проверок в SCAD Office фундаментов на свайном основании может включать в себя следующие этапы:

1. Анализ ИГ усл. и определение несущей способности отдельной сваи  $F_d$ . Компоновка свайного фундамента (минимального количества свай с учетом допустимой расчетной нагрузки на сваю, проверка габаритов условного фундамента, глубины его сжимаемой толщи и его осадки);
2. Расчет коэффициентов бокового отпора грунта по СП;
3. Расчет вертикальной жесткости отдельной сваи без учета деформаций в кусте;
4. Итерационное уточнение в SCAD осадки свай в виде связей конечной жесткости в кусте введением дополнительных эквивалентных усилий  $\Delta N$  на нижних торцах, отражающих взаимное влияние свай при образовании общей осадочной воронки условного фундамента;
5. Проверка устойчивости грунта, окружающего сваю по СП;
6. Анализ работы условного свайного фундамента с мнимой плитой на Винклеровском основании и на основании с пер. коэф. постели;
7. Анализ поведения свайного фундамента в упругом полупространстве грунтового массива, представленного объемными КЭ.

# 1. Компонировка свайного фундамента

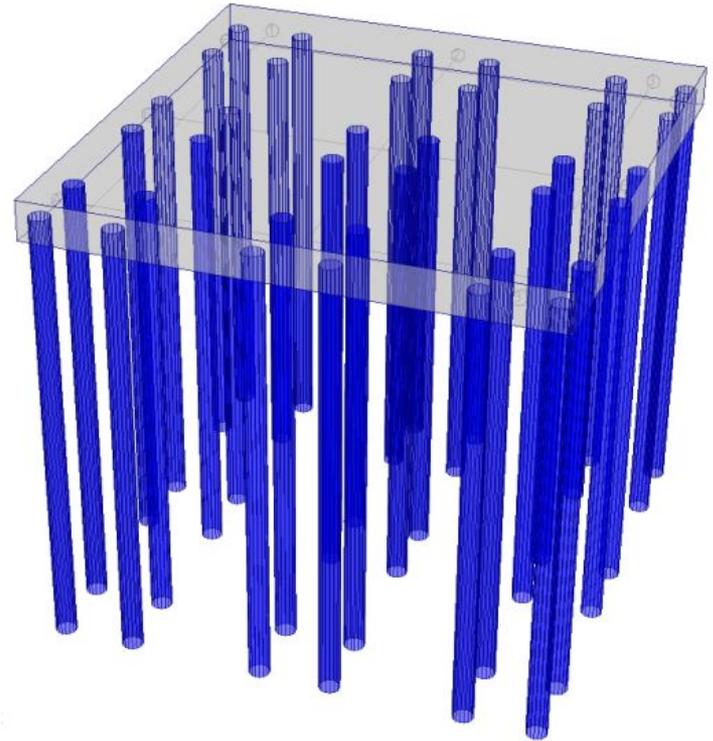
Компировка свайного фундамента, для упрощенной расчетной схемы каркасного здания с суммарной вертикальной нагрузкой по I пред.состоянию  $N_{0I}=2000$  Т, размером плитного ростверка 10x10м и круглыми буровыми сваями  $\phi 400$ мм  $L=8500$ мм включает следующие шаги:

1. Определение несущей способности сваи буровой сваи  $F_d$  по СП расчетом в ЗАПРОС и предельной расчетной нагрузки  $F_R = F_d / \gamma_k$  (В текущем примере  $\gamma_k = 1,4$ );
2. Определение минимального количества свай  $n = 1,05 * N_{0I} / F_R$  с округлением до целого значения;
3. Определение ширины подошвы условного фундамента по усредненному углу вн.трения:  $b_c = b_0 + 2 * h * \text{tg}(\varphi_{\text{limt}}/4)$ ;
4. Сравнение напряжений под подошвой условного фундамента  $p_{II} = (N_c + N_{0I}) / (b_c * l_c) = 29.7$ , которые не должны быть выше расчетного сопротивления грунта R;
5. Проверка осадки условного фундамента как фундамента мелкого заложения (ЗАПРОС).



# 1. Результаты компоновки свайного фундамента

1. Несущая способность буровой сваи  $F_d=83,2$  Т и предельная расчётная нагрузка  $F_R=59,4$  Т (В текущем примере  $\gamma_k=1,4$ );
2. Минимальное количество свай  $n=1,05*N_{0I}/F_R=35,3$  с округлением до целого значения **36**;
3. Ширина подошвы условного фундамента по усредненному углу вн.тр.:  
 $b_c=b_0+2*h*tg(\varphi_{limt}/4)=12,1$ м;
4. Напряжение под подошвой условного фундамента  $p_{II}=(N_c+N_{0I})/(b_c*I_c)=29.7$  Т/м<sup>2</sup> ниже расчетного сопротивления грунта **R=237 Т/м<sup>2</sup>** (расчет в ЗАПРОС);
5. Осадка условного фундамента **S=83мм** при расчете как фундамента мелк. заложения в пределах **S<sub>u</sub>=150мм**.



Принимаем свайное поле из 36 свай, по 4 сваи под местами стыка 9 колонн с плитным ростверком с расстоянием между буровыми сваями в свету 1000мм

## 2. Расчет коэффициентов бокового отпора грунта

Для учета бокового отпора грунта используется приложение В СП 24.13330.2011. Сначала вычисляются коэффициенты пропорциональности  $K$  для горизонтальных деформаций отдельных слоев грунта по таблице В.1.

При вычислении коэффициентов пропорциональности  $K$  по табл.В.1 меньшие значения показателя текучести  $I_L$  или коэффициента пористости  $e$  соответствуют большему значению  $K$ . Расчетные значения принимаются интерполяцией.

Грунты, окружающие сваи, и их характеристики	Коэффициент пропорциональности $K$ , кН/м <sup>4</sup> (тс/м <sup>4</sup> )
Пески крупные ( $0,55 \leq e \leq 0,7$ ); глины и суглинки твердые ( $I_L < 0$ )	18000-30000 (1800-3000)
Пески мелкие ( $0,6 \leq e \leq 0,75$ ); пески средней крупности ( $0,55 \leq e \leq 0,7$ ), супеси твердые ( $I_L < 0$ ); глины и суглинки тугопластичные и полутвердые ( $0 \leq I_L \leq 0,75$ )	12000-18000 (1200-1800)
Пески пылеватые ( $0,6 \leq e \leq 0,8$ ); супеси пластичные ( $0 \leq I_L \leq 0,75$ ); глины и суглинки мягкопластичные ( $0,5 \leq I_L \leq 0,75$ )	7000-12000 (700-1200)
Глины и суглинки текучепластичные ( $0,75 \leq I_L \leq 1$ )	4000-7000 (400-700)
Пески гравелистые ( $0,55 \leq e \leq 0,7$ ); крупнообломочные грунты с песчаным заполнителем	50000-100000 (5000-10 000)

## 2. Расчет коэффициентов бокового отпора грунта

Затем для учета взаимодействия свай по горизонтали в составе куста в расчет вводится понижающий коэффициент  $\alpha_j$ , вычисляемый по ф-ле В.5.

Расчет понижающего коэффициента $\alpha$ по ф-ле В.5 СП 24.13330.2011			
$\alpha_j = \gamma_c \prod_{j \neq i} \left[ 1 - \frac{d}{r_{ij}} \left[ 1,17 + 0,36 \frac{x_j - x_i}{r_{ij}} - 0,15 \left( \frac{x_j - x_i}{r_{ij}} \right)^2 \right] \right]$ $r_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$			
$\gamma_c = 1$ $d = 0,4$ м			
Схема свай			
	Свая 1	$X_i = 0$ м $X_j = 1,4$ м $r_{ij} = 1,4$ м	$Y_i = 0$ м $Y_j = 0$ м $\alpha_1 = 0,61$
Свая 2	$X_i = 0$ м $X_j = -2,8$ м $r_{ij} = 2,8$ м	$Y_i = 0$ м $Y_j = 0$ м $\alpha_1 = 0,906$	
Свая 3	$X_i = 0$ м $X_j = 0$ м $r_{ij} = 2,8$ м	$Y_i = 0$ м $Y_j = 2,8$ м $\alpha_1 = 0,833$	
Свая 4	$X_i = 0$ м $X_j = 0$ м $r_{ij} = 1,4$ м	$Y_i = 0$ м $Y_j = -1,4$ м $\alpha_1 = 0,666$	
Свая 5	$X_i = 0$ м $X_j = 1,4$ м $r_{ij} = 2,0$ м	$Y_i = 0$ м $Y_j = -1,4$ м $\alpha_1 = 0,727$	
Свая 6	$X_i = 0$ м $X_j = -2,8$ м $r_{ij} = 3,1$ м	$Y_i = 0$ м $Y_j = -1,4$ м $\alpha_1 = 0,907$	
Свая 7	$X_i = 0$ м $X_j = 1,4$ м $r_{ij} = 3,1$ м	$Y_i = 0$ м $Y_j = 2,8$ м $\alpha_1 = 0,834$	
Свая 8	$X_i = 0$ м $X_j = -2,8$ м $r_{ij} = 4,0$ м	$Y_i = 0$ м $Y_j = 2,8$ м $\alpha_1 = 0,915$	
Кoeff от произведения свай		$\alpha = 0,15$	

## 2. Расчет коэффициентов бокового отпора грунта

В итоге стержень сваи разбивается на КЭ длиной  $\pm 0,5\text{м}$  кратно значениям толщины отдельных слоев грунта и вычисляется по формуле  $C_z = K \cdot z \cdot \alpha / \gamma_c$

Расчетные значения коэффициентов постели на бок.гранях свай по прил. В2 СП24.13330.2011											
Толщина слоя, м	Толщина i-го слоя грунта, м	Глубина сечения сваи Z, м	Коэффициент пропорциональн ости грунта K, кН/м4	$\alpha$	$\gamma_c$	Коэффициент постели $C_z = K \cdot z \cdot \alpha / \gamma_c$ , Т/м3	ИГЭ	$I_L$	e	Наименование грунта	
1	Исключены из расчета						ИГЭ-1				Техноген.
1,5							ИГЭ-2			Сугл.легк. пылеват., полутв., слабопросад.	
Абсолютная отметка дна котлована 489,05м. Относительная -4,0м. От верха планировки -2,5м.											
5	0,5	2,75	8700	0,15	3	122	ИГЭ-2	0,49	0,86	Сугл.легк. пылеват., полутв., слабопросад.	
	0,5	3,25	8700	0,15	3	144					
	0,5	3,75	8700	0,15	3	166					
	0,5	4,25	8700	0,15	3	188					
	0,5	4,75	8700	0,15	3	211					
	0,5	5,25	8700	0,15	3	233					
	0,5	5,75	8700	0,15	3	255					
	0,5	6,25	8700	0,15	3	277					
	0,5	6,75	8700	0,15	3	299					
1,5	0,5	7,75	12000	0,15	3	474	ИГЭ-3	0	0,74	Сугл.тяж.песч., тугопласт., непросад.	
	0,5	8,25	12000	0,15	3	505					
	0,5	8,75	12000	0,15	3	535					
2	0,5	9,25	96500	0,15	3	4550	ИГЭ-4	0	0,56	Галечн.гр. с сугл.заполн. с вкл.валунов до 20%	
	0,5	9,75	96500	0,15	3	4795					
	0,5	10,25	96500	0,15	3	5041					
	0,5	10,75	96500	0,15	3	5287					
Абсолютная отметка нижнего конца свай 480,55м. Относительная -12,5м. От верха планировки -11м.											

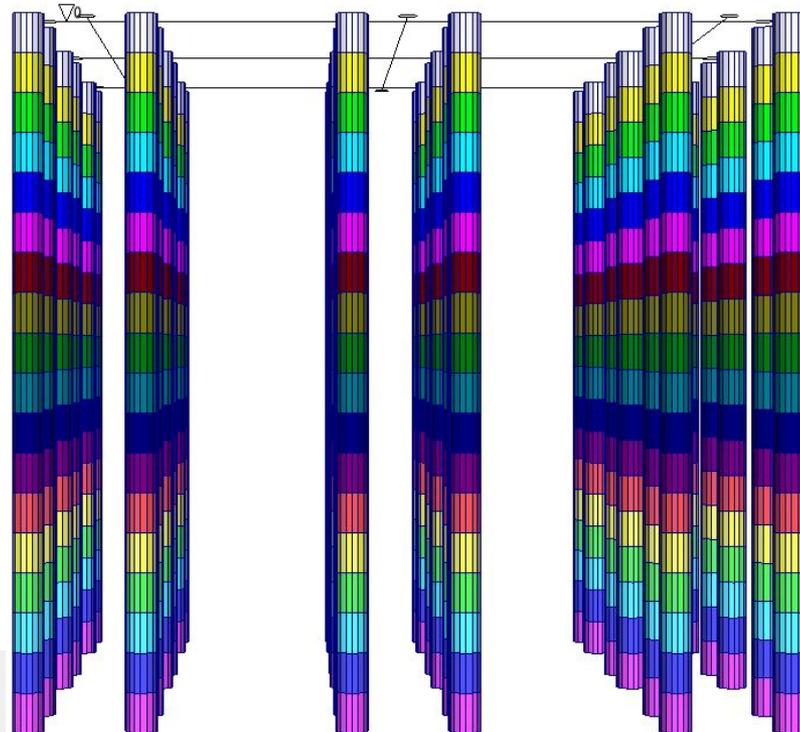
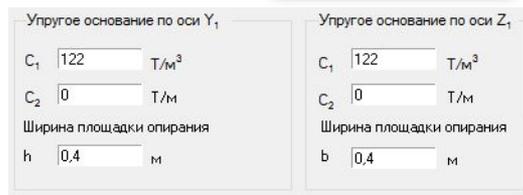
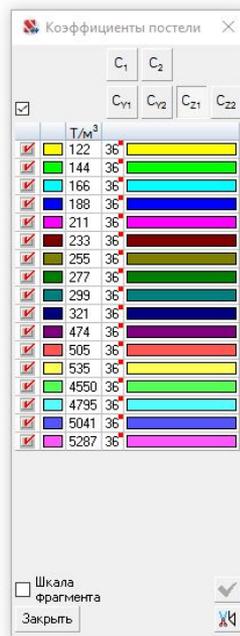
## 2. Назначение в SCAD коэффициентов бокового отпора грунта

Вычисленные значения коэффициентов пропорциональности  $K$  для учета бокового отпора грунта при единичном горизонтальном смещении назначаются в SCAD для стержневых КЭ на соответствующих уровнях.

При табличном расчете количество строк должно соответствовать количеству КЭ, на которые разбивается каждая свая.

В модели на один КЭ больше в связи с необходимостью учета глубины заделки сваи в плитный ростверк.

При задании коэф.  $K$  стержням ширина площадки =  $\phi$  сваи



### 3. Расчет вертикальной жесткости отдельной сваи

Значение коэффициента пропорциональности  $k_z$  отдельной сваи определяется расчетом осадки отдельной сваи в соответствии с п. 7.4.2. и 7.4.3. СП 24.13330.2011.

$$E_1 := \frac{\sum_{i=1}^{\text{rows}(E_i)-1} E_{i_i} \cdot L_{i_i}}{\sum_{i=1}^{\text{rows}(E_i)-1} L_{i_i}} = 162 \quad \text{[т/м}^2\text{] Осредненный модуль деформации слоев грунта, прорезаемых свай}$$

$$v_1 := \frac{\sum_{i=1}^{\text{rows}(E_i)-1} v_{i_i} \cdot L_{i_i}}{\sum_{i=1}^{\text{rows}(E_i)-1} L_{i_i}} = 0,335 \quad \text{Осредненный коэффициент Пуассона слоев грунта, прорезаемых свай}$$

$$G_1 := \frac{E_1}{2 \cdot (1 + v_1)} = 61 \quad \text{Модуль сдвига слоев грунта, прорезаемых свай [т/м}^2\text{]}$$

$$k_v := 2,82 - 3,78 \cdot v + 2,18 \cdot v^2 = 1,88 \quad \text{Промежуточный коэффициент для вычисления } \beta'$$

$$\beta' := 0,17 \cdot \ln \left( \frac{k_v \cdot G_1 \cdot L}{G_2 \cdot d} \right) = 0,454 \quad \text{Коэффициент соответствующей абсолютно жесткой свае}$$

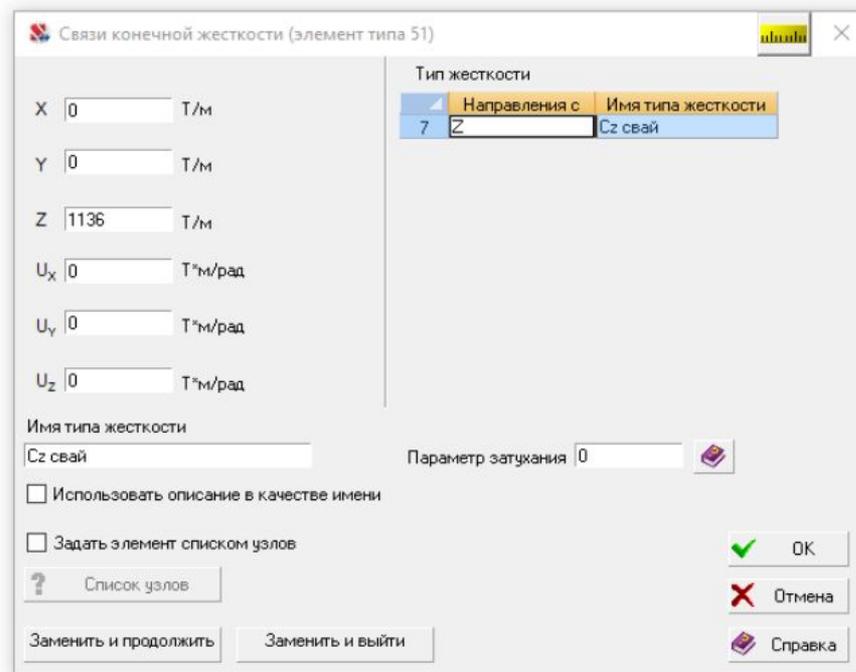
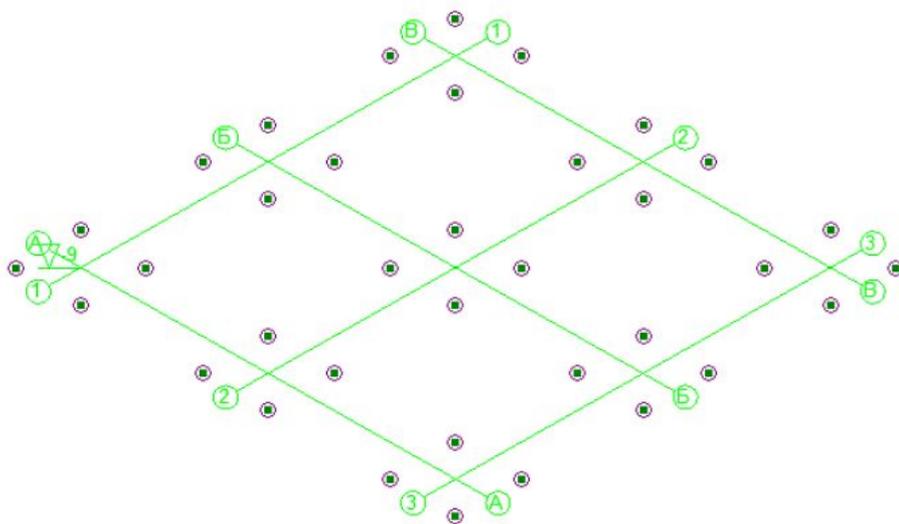
$$k_z := \frac{G_1 \cdot L}{\beta'} = 1136$$

Связь конечной жесткости [т/м] для нижнего торца одиночных свай для учета взаимодействия с окружающим грунтом в МКЭ (без влияния)

### 3. Назначение в SCAD вертикальной жесткости отдельных свай

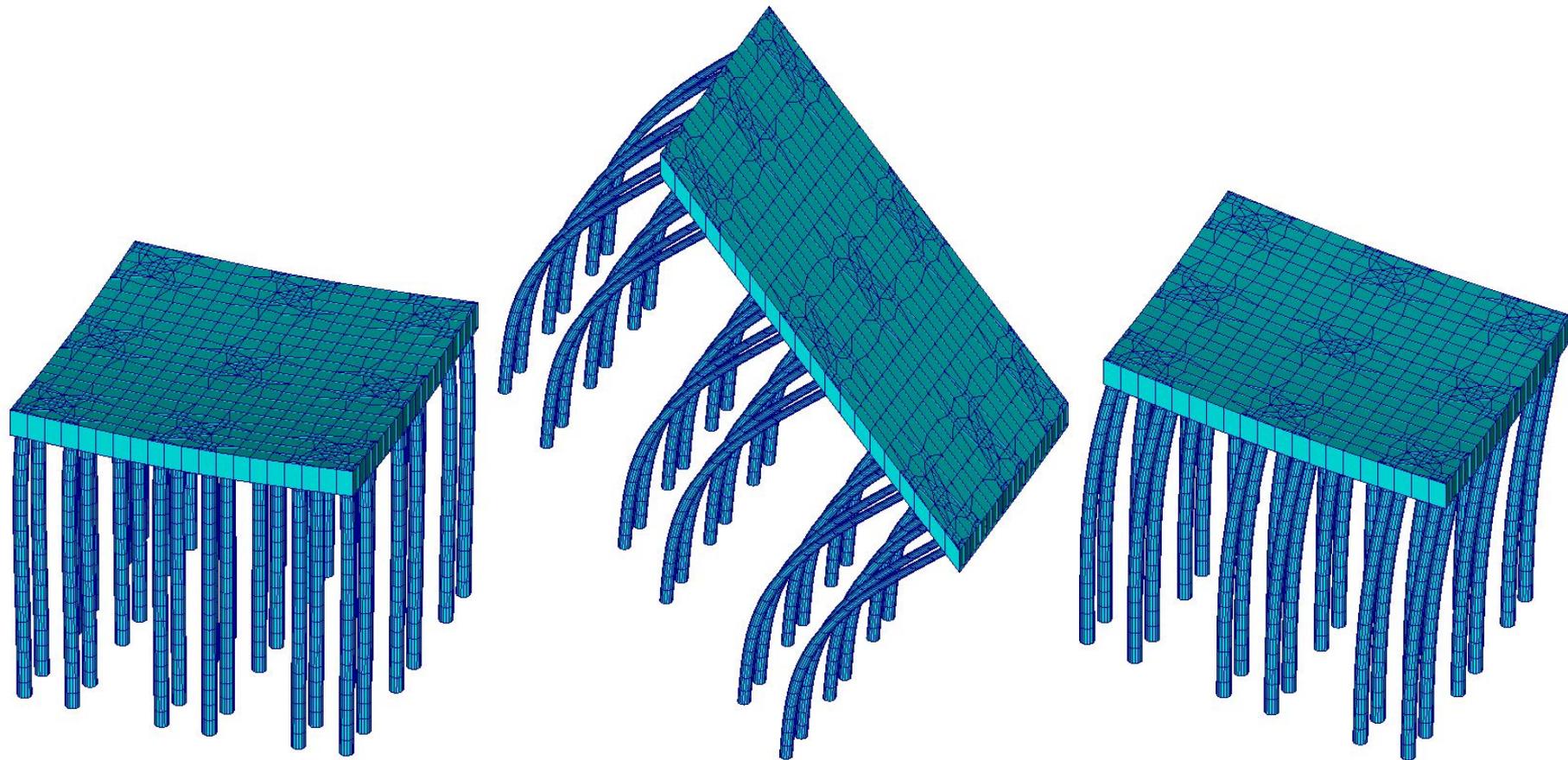
Вычисленные значения коэффициентов пропорциональности  $k_z$  для учета вертикальной жесткости сваи при единичном вертикальном смещении назначаются в SCAD в виде связей конечной жесткости в нижних узлах стержневых КЭ, моделирующих сваи.

В дальнейшем будут рассмотрены иные варианты учета упругого полупространства в уровне подошвы условного фундамента.



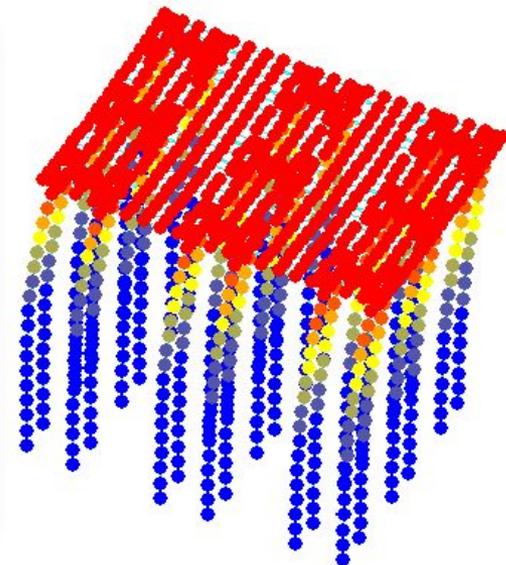
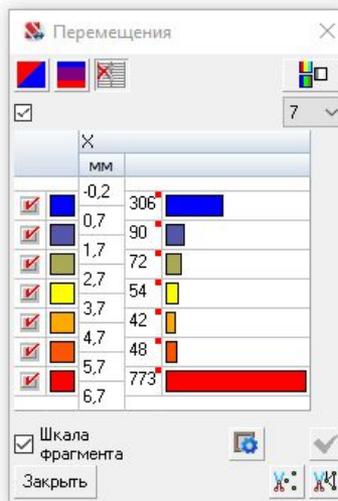
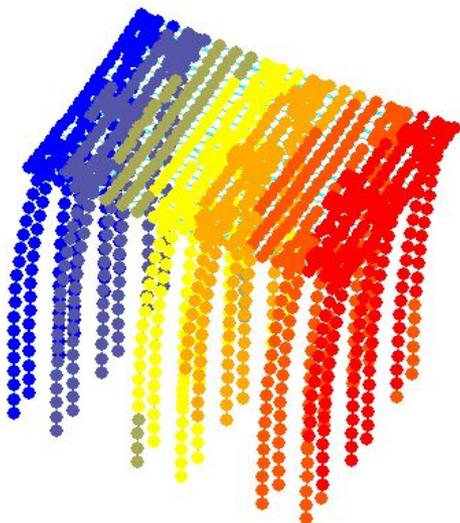
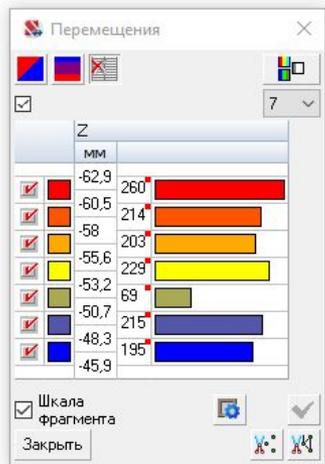
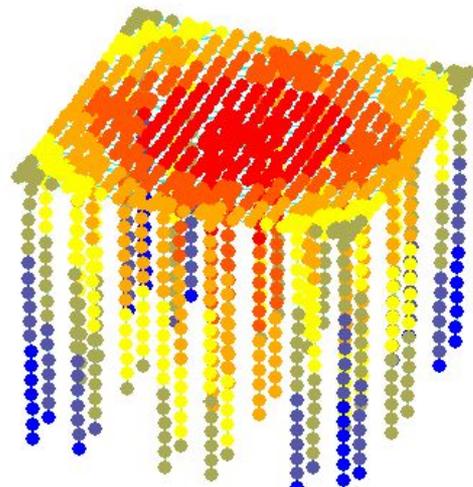
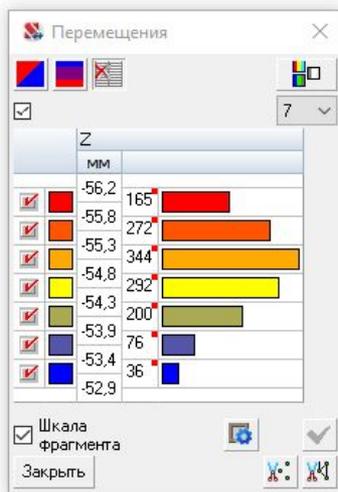
# Деформации расчетной схемы при назначенных жесткостях свай

На рисунках снизу показаны три деформированных состояния плитного ростверка со сваями: от вертикальной постоянной нагрузки (слева); только от временной ветровой нагрузки без пригруза (по центру); от комбинации постоянной и временной нагрузки.



# Деформации расчетной схемы при назначенных жесткостях свай

На представленных изображениях справа, снизу слева и снизу справа показаны вертикальные деформации от постоянной нагрузки, вертикальные и горизонтальные деформации от комбинации постоянной и временной нагрузок без учета взаимного влияния.

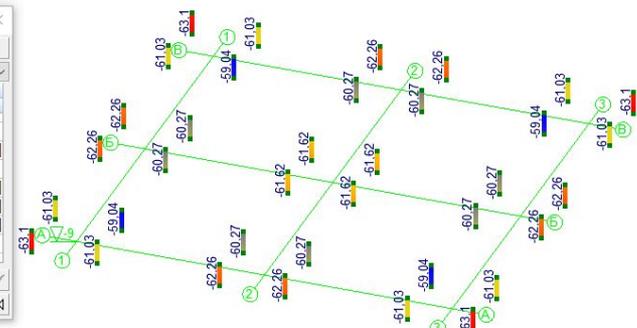
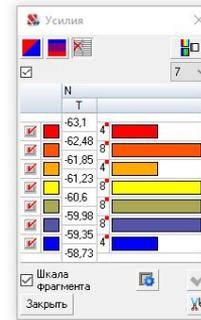
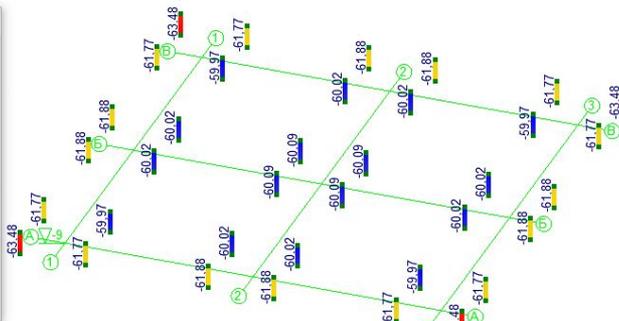
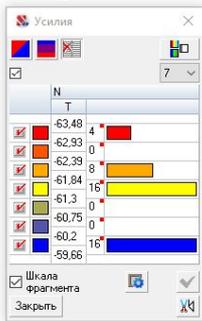
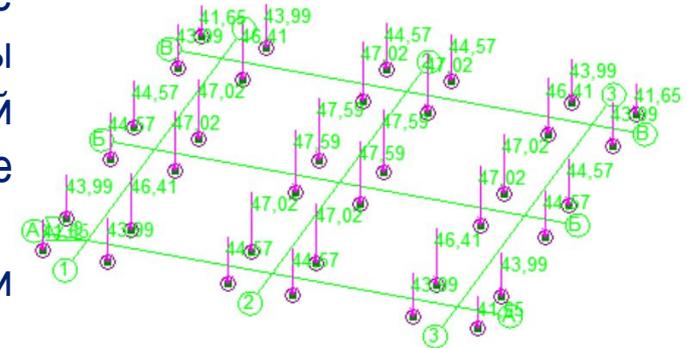
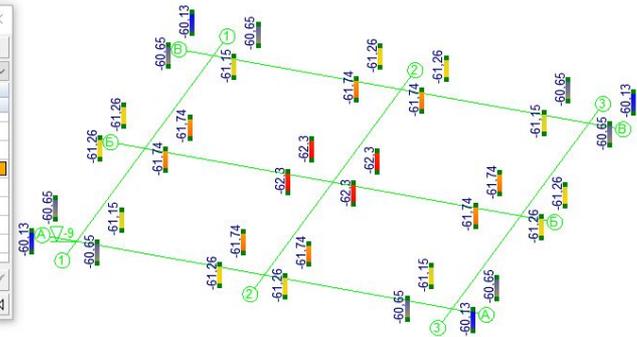
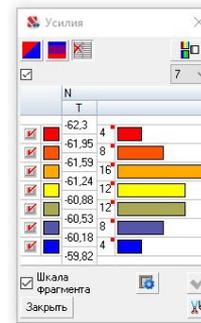


# Итерационное уточнение осадки свай в кусте

На рисунке справа приводятся продольные усилия  $N_h$  в нижних КЭ свай (в торцах свай) без учета их взаимного влияния в кусте, т.е. без учета образования общей осадочной воронки на упругом полупространстве под подошвой условного фундамента.  $N_{h_{max}} = 62,3 \text{ Т}$ .

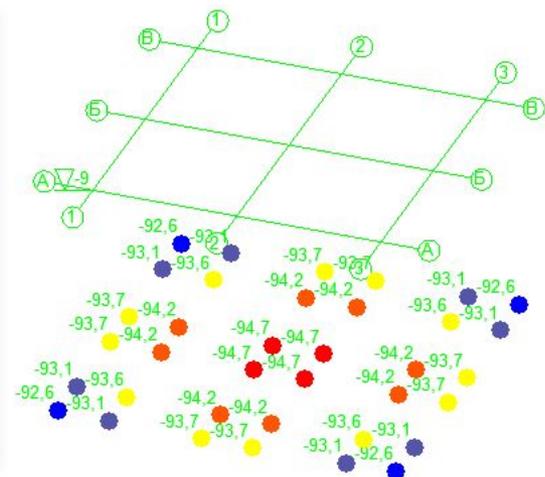
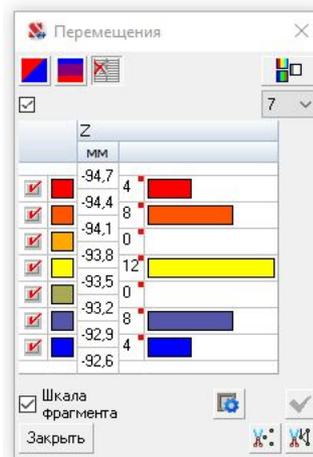
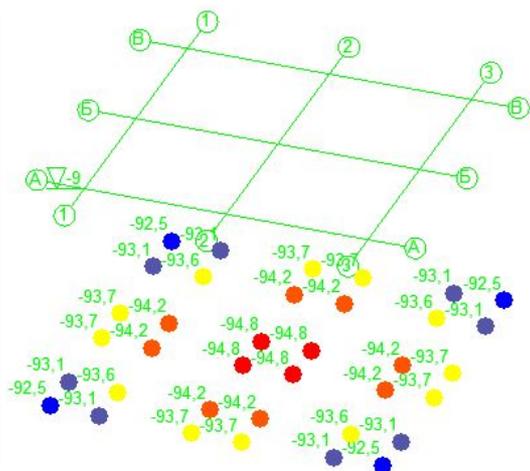
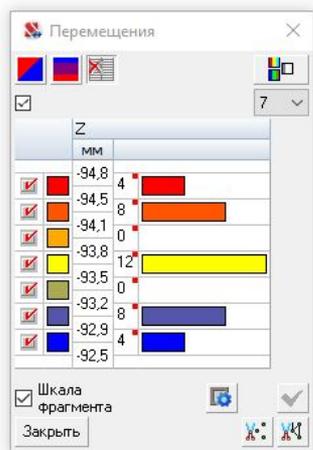
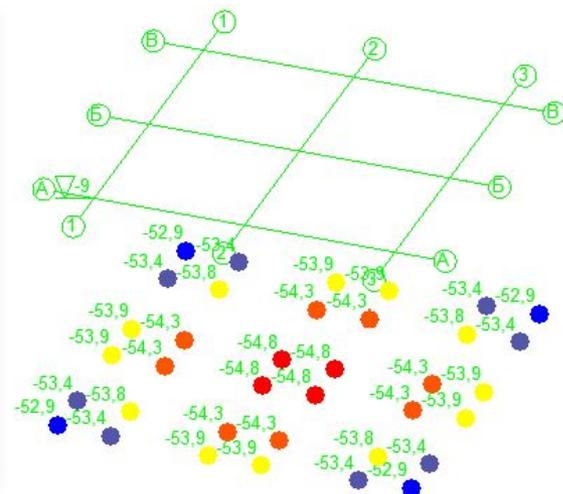
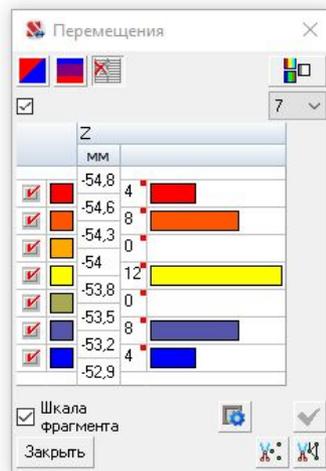
В модели свайного фундамента в SCAD взаимное влияние в кусте может быть учтено путем приложения в узлы связей конечной жесткости на нижних торцах свай дополнительных нагрузок  $\Delta N_h$  (рис. справа), которые влияют на перераспределение усилий.

На рисунках снизу показаны усилия в сваях после первой и второй итераций по уточнению  $\Delta N_h$ .



# Итерационное уточнение осадки свай в кусте

Из предыдущего слайда следовало, что учет взаимного влияния свай в кусте в текущей расчетной схеме показал небольшое изменение продольных усилий в сваях, в пределах 2%. Однако на рисунке справа показаны осадки без учета влияния, которые на 42% меньше, чем на рисунках снизу с учетом влияния после 1-й (сл.) и 2-й (спр.) итераций. Изменение осадок на 2-й итерации мало отличается от первой.



# Итерационное уточнение осадки свай в кусте

Вычисление дополнитель. вертикальных нагрузок  $\Delta N_i$  для приложения в нижние узлы свай в текущем примере выполнено в математическом редакторе SMath Studio, при этом может быть использован и любой аналог табличного редактора Excel.

Трудности расчета связаны с вводом сначала всех координат свай, затем с уточнением на каждой последующей итерации продольных усилий  $N$  в этих сваях. Этот процесс следует автоматизировать.

$i_{\text{txt}}$	PileX:=	PileY:=
"СВ.1"	-700	8700
"СВ.2"	700	8700
"СВ.3"	700	7300
"СВ.4"	-700	7300
"СВ.5"	3300	8700
"СВ.6"	4700	8700
"СВ.7"	4700	7300
"СВ.8"	3300	7300
"СВ.9"	7300	8700
"СВ.10"	8700	8700
"СВ.11"	8700	7300
"СВ.12"	7300	7300
"СВ.13"	-700	4700
"СВ.14"	700	4700
"СВ.15"	700	3300
"СВ.16"	-700	3300
"СВ.17"	3300	4700
"СВ.18"	4700	4700
"СВ.19"	4700	3300
"СВ.20"	3300	3300
"СВ.21"	7300	4700
"СВ.22"	8700	4700
"СВ.23"	8700	3300
"СВ.24"	7300	3300
"СВ.25"	-700	700
"СВ.26"	700	700
"СВ.27"	700	-700
"СВ.28"	-700	-700
"СВ.29"	3300	700
"СВ.30"	4700	700
"СВ.31"	4700	-700
"СВ.32"	3300	-700
"СВ.33"	7300	700
"СВ.34"	8700	700
"СВ.35"	8700	-700
"СВ.36"	7300	-700



# Итерационное уточнение осадки свай в кусте

После ввода координат свай вычисляются:

- матрица **a** взаимного расположения свай в кусте (расстояний между сваями в м);
- матрица **b** взаимного влияния свай в кусте (по теории упругого полупространства).

Две указанные матрицы и значения продольных усилий в сваях **N<sub>h</sub>** используются для расчета дополнительных усилий **ΔN<sub>h</sub>** в соответствии с п. 7.4.4 и 7.4.5 СП 24.13330.2011.

a2 =

0	1,4	1,98	1,4	4	5,4	5,579	4,238
1,4	0	1,4	1,98	2,6	4	4,238	2,953
1,98	1,4	0	1,4	2,953	4,238	4	2,6
1,4	1,98	1,4	0	4,238	5,579	5,4	4
4	2,6	2,953	4,238	0	1,4	1,98	1,4
5,4	4	4,238	5,579	1,4	0	1,4	1,98
5,579	4,238	4	5,4	1,98	1,4	0	1,4
4,238	2,953	2,6	4	1,4	1,98	1,4	0
8	6,6	6,747	8,122	4	2,6	2,953	4,238
9,4	8	8,122	9,504	5,4	4	4,238	5,579
9,504	8,122	8	9,4	5,579	4,238	4	5,4
8,122	6,747	6,6	8	4,238	2,953	2,6	4
4	4,238	2,953	2,6	5,657	6,72	5,993	4,771
4,238	4	2,6	2,953	4,771	5,657	4,771	3,677
5,579	5,4	4	4,238	5,993	6,72	5,657	4,771
5,4	5,579	4,238	4	6,72	7,637	6,72	5,657
5,657	4,771	3,677	4,771	4	4,238	2,953	2,6
6,72	5,657	4,771	5,993	4,238	4	2,6	2,953
7,637	6,72	5,657	6,72	5,579	5,4	4	4,238
6,72	5,993	4,771	5,657	5,4	5,579	4,238	4
8,944	7,718	7,094	8,412	5,657	4,771	3,677	4,771
10,216	8,944	8,412	9,753	6,72	5,657	4,771	5,993
10,841	9,652	8,944	10,216	7,637	6,72	5,657	6,72

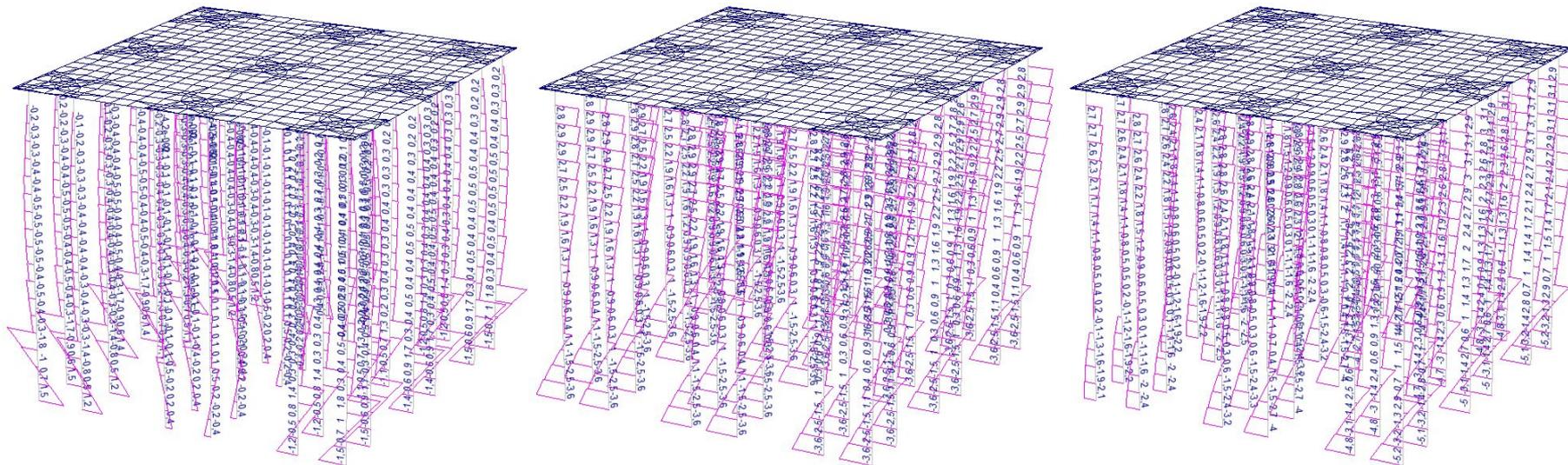
b2 =

0	0,123	0,064	0,123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,123	0	0,123	0,064	0,018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,064	0,123	0	0,123	0	0	0	0,018	0	0	0	0	0	0	0,018	0	0	0	0	0
0,123	0,064	0,123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,018	0	0	0	0	0	0	0
0	0,018	0	0	0	0,123	0,064	0,123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0,123	0	0,123	0,064	0,018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0,064	0,123	0	0,123	0	0	0	0,018	0	0	0	0	0	0,018	0	0
0	0	0,018	0	0,123	0,064	0,123	0	0	0	0	0	0	0	0,018	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0,018	0	0	0	0,123	0,064	0,123	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,123	0	0,123	0,064	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0,064	0,123	0	0,123	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0,018	0	0,123	0,064	0,123	0	0	0	0	0	0	0	0	0,018
0	0	0	0,018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,123	0,064	0,123	0	0	0	0
0	0	0,018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,123	0	0,123	0,064	0,018	0	0	0

# Проверка устойчивости грунта, окружающего сваю

После итерационного уточнения осадок свай в кусте и продольных усилий в сваях от комбинации постоянных и временных воздействий, выполняется анализ устойчивости грунта, окружающего сваю в соответствии с приложением В СП 24.13330.2011.

Для анализа следует выбрать сваю с наибольшими значениями бокового отпора грунта  $r_z$  и  $r_y$ . Если расчет показывает, что напряжения на боковой поверхности этой сваи превышают предельно допустимые, то согласно СП допускается понизить коэффициенты постели вокруг свай, что приведет к их большей деформативности и, следовательно, к увеличению армирования.



# Проверка устойчивости грунта, окружающего сваю

Ниже показан пример проверки устойчивости грунта, окружающего сваю с наибольшим значением  $r_z$ , выполненный в Excel. Запас устойчивости грунта 75%.

Расчет устойчивости основания окружающего сваю по прил. В, п В.7 СП 24.13330.2011																		
ИГЭ	Наимен. Грунта	Толщ. слоя	Толщ. i-го слоя грунта, м	z м	$\eta_1$	$M_c$ кНМ	$M_t$ кНМ	$\eta_2$	$\varphi_1^0$	$\gamma_1$ кН/м <sup>3</sup>	$\xi$	$c_1$ кПа	$\sigma_{zu}^2$ кН/м <sup>2</sup>	$R_z$ кН/м	Эпюра Rz	Ширина сваи b, м	$\sigma_z$ кН/м <sup>2</sup>	Кoeff. использования
ИГЭ-1	Техноген.	1	Грунт исключен из расчета															
ИГЭ-2	Сугл.легк. пылеват., полутв., слабопросад.	1,5	Грунт исключен из расчета															
Абсолютная отметка дна котлована 489,05м. Относительная -4,0м. От верха планировки -2,5м.																		
ИГЭ-2	Сугл.легк. пылеват., полутв., слабопросад.	5	0,5	0,25	1	0	12	1	19	16,6	0,3	18	28,9	2,9		0,4	7,25	0,25095
			0,5	0,75	1	0	12	1	19	16,6	0,3	18	41	3,1		0,4	7,75	0,18912
			0,5	1,25	1	0	12	1	19	16,6	0,3	18	53,1	3,1		0,4	7,75	0,14603
			0,5	1,75	1	0	12	1	19	16,6	0,3	18	65,2	3,1		0,4	7,75	0,11894
			0,5	2,25	1	0	12	1	19	16,6	0,3	18	77,3	2,9		0,4	7,25	0,09385
			0,5	2,75	1	0	12	1	19	16,6	0,3	18	89,3	2,7		0,4	6,75	0,07555
			0,5	3,25	1	0	12	1	19	16,6	0,3	18	101	2,4		0,4	6	0,05915
			0,5	3,75	1	0	12	1	19	16,6	0,3	18	114	2,1		0,4	5,25	0,04625
			0,5	4,25	1	0	12	1	19	16,6	0,3	18	126	1,7		0,4	4,25	0,03383
			0,5	4,75	1	0	12	1	19	16,6	0,3	18	138	1,4		0,4	3,5	0,02542
ИГЭ-3	Сугл.тяж.песч., тугопласт., непросад.	1,5	0,5	5,25	1	0	12	1	21	18,2	0,3	24	188	1,5	0,4	3,75	0,01995	
			0,5	5,75	1	0	12	1	21	18,2	0,3	24	203	1	0,4	2,5	0,01232	
			0,5	6,25	1	0	12	1	21	18,2	0,3	24	218	0,7	0,4	1,75	0,00803	
ИГЭ-4	Галечн.гр. с сугл.заполн. с вкл.валунов до 20%	2	0,5	6,75	1	0	12	1	36,5	2,01	0,3	19,7	79,4	2,9	0,4	7,25	0,09135	
			0,5	7,25	1	0	12	1	36,5	2,01	0,3	19,7	83,1	1,3	0,4	3,25	0,03913	
			0,5	7,75	1	0	12	1	36,5	2,01	0,3	19,7	86,8	3,2	0,4	8	0,0922	
			0,5	8,25	1	0	12	1	36,5	2,01	0,3	19,7	90,5	5,2	0,4	13	0,1437	
Абсолютная отметка нижнего конца сваи 480,55м. Относительная -12,5м. От верха планировки -11м.																		

## Выводы и рекомендации

При средней расчетной нагрузке на сваю 59,4 Т минимальное сжимающее усилие в КЭ свай в уровне подошвы условного фундамента составляет 60,1 Т, а максимальное 62,3 Т без учета взаимного влияния; 58,7 Т и 63,1 Т соответственно при учете взаимного влияния свай в кусте.

В результате учета взаимного влияния свай в кусте за счет образования общей осадочной воронки изменяется напряженно-деформированное состояние надфундаментных конструкций и происходит перераспределение внутренних усилий в сваях и каркасе здания.

При учете взаимного влияния свай в кусте по СП резко увеличивается осадка фундамента. В рассмотренном примере увеличение составило 42% с 54 мм до 94 мм. Данная осадка сопоставима с осадкой 88 мм, вычисленной в предварительном компоновочном расчете в программе ЗАПРОС условного фундамента как фундамента мелкого заложения в виде абсолютно жесткого штампа.

Вспомогательные модели в виде условного фундамента на мнимой плите с постоянными коэффициентами постели Пастернака, с переменными коэффициентами постели по модели Федоровского или в виде массива грунта из объемных конечных элементов позволяют получить аналогичную модель условного фундамента на упругом полупространстве. Сложности с построением таких моделей возникают при определении глубины сжимаемой толщи.

# Семинары по расчету оснований и фундаментов

Приглашаем Вас заполнить заявку на сайте [www.SCADmasters.org](http://www.SCADmasters.org) и принять участие в следующих семинарах:

## Семинар №1. Теория расчета и модели оснований (8ч)

Краткий курс геомеханики по теории расчета оснований -4ч. Модели упругого основания в SCAD: Винклера, линейно-деформируемого полупространства, Пастернака, Федоровского. Комбинированные модели. Генетически-нелинейное нагружение основания. Сравнительный анализ применимости моделей -4ч.

День 1

## Семинар №3. Свайные фундаменты каркасн.зданий(8ч)

Расчет по СП и методы моделирования свайных и анкерных фунда.-2ч; Расчет сваи с учётом устойчивости окружающего грунта-2ч; Особенности моделирования свайного фундамента с использованием объемных КЭ-2ч; Комплексная модель свайного фундамента с использованием стержневых КЭ на мнимой плите -2ч.

День 3

## Семинар №5. Расчет констр. на дин. воздействия (16ч)

Импульсные и ударные воздействия-2ч; Гармонические нагрузки от машин и оборудования-2ч; Анализ амплитудно-частотных характеристик и спектров ответа фундаментов турбоагрегатов-2ч; Сейсмические воздействия-8ч; Ветровые нагрузки с учетом пульсационной составляющей -2ч.

День 5-6

## Семинар №7.Учет основания в расч. на устойчивость(8ч)

Расчет в SCAD устойчивости формы здания на податливом основании-4ч; Расчет в SCAD устойчивости положения здания с учетом динамических воздействий-2ч; Теоретические основы и расчет устойчивости откосов в сателлите ОТКОС и в программе GeoStab -2ч.

День 8

## Семинар №2. Фундаменты мелкого заложения (8ч)

Расчет по СП и методы моделирования столбчатых фундаментов-2ч; Моделирование столбчатых фундаментов с учетом бокового отпора грунта-2ч; Расчет по СП и методы моделирования ленточных фундаментов-2ч; Анализ в SCAD взаимной осадки столбчатых и ленточных фундаментов -2ч.

День 2

## Семинар №4. Плитные и свайно-плитн. фундаменты (8ч)

Расчет плиты в КРОСС-1ч; Учет взаимного влияния -1ч; Фундаменты на разных отметках-1ч; Расчет на продавл.-1ч; Учет карстовых провалов -1ч; Расчет полов по грунту -1ч. Свайные фундаменты с гибким плитным ростверком-2ч.Особенности расчета комбинированных плитно-свайных фундаментов -1ч.

День 4

## Семинар №6. Учет основания в дин. расчетах (8ч)

Асинхронное возбуждение опор при сейсмике в режиме интегрирования уравнений движения и влияние разности динамических перемещений-4ч; Граничные условия при статических и динамических расчетах-2ч; Особенности задания свойств грунта при динамических расчетах в режимах МОНТАЖ и ВАРИАЦИЯ-2ч.

День 7

## Семинар №8. Геотех.расчеты в SCAD/Alterra/GeoWall(16ч)

Интерфейс Alterra на примере расчета устойчивости откоса и здания на откосе -4ч; Оценка влияния существующих сооружений с учетом пластических свойств грунтов в Alterra-4ч; Расчет в SCAD, в GeoWall и в Alterra шпунтовых стен в грунте, ограждений котлованов и подпорных стен -8ч

День 9-10

**БЛАГОДАРИЮ ЗА ВНИМАНИЕ!**

Виктор Сергеевич Михайлов

Руководитель новосибирского центра  
технической поддержки SCAD Office

[mvs@scadsoft.ru](mailto:mvs@scadsoft.ru)