

GeoSet.

Расчет осадки плитных и свайных фундаментов

Салмин Игорь Андреевич

Руководитель отдела разработки
Программ для геотехнических расчетов

GEO SOFT



ИНЖ
ПРОЕКТ
СТРОЙ
ГРУППА КОМПАНИЙ

MALININ
GROUP

СССТ

СПЕЦИАЛЬНАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

**MALININ
GROUP**

GEO SOFT



АНКЕРНЫЕ
СИСТЕМЫ

Основана в 2002 г.

GEO SOFT

MALININ
GROUP



ALTE Terra

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ ПРОГРАММА
ДЛЯ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ



GEO WALL

РАСЧЕТ ОГРАЖДЕНИЯ
КОТЛОВАНОВ

GEO SOFT

КОМПЛЕКС ПРОГРАММ ДЛЯ
ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ



GEO STAB

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ
ОТКОСОВ И КОТЛОВАНОВ



GEO SET PRO



GEO PILE

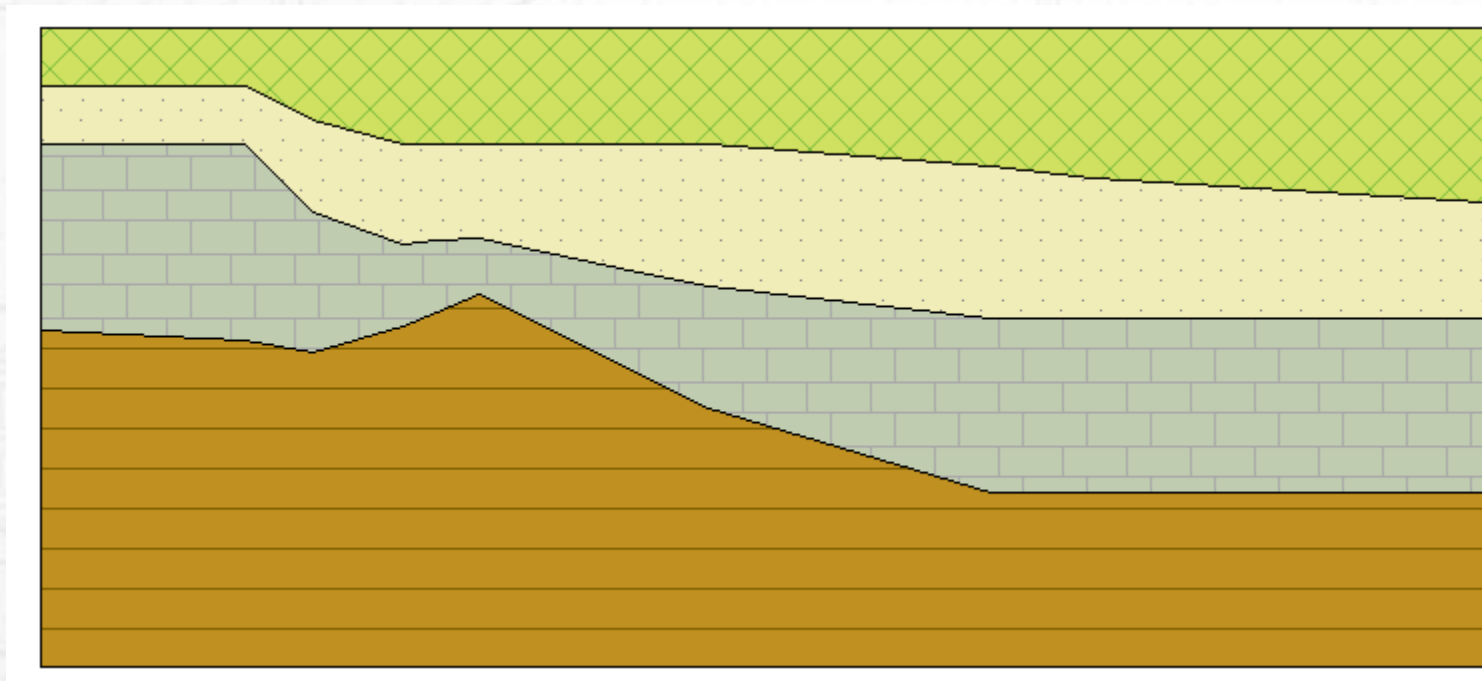
РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ
СВАЙ



GEO ANCHOR

РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ
АНКЕРА

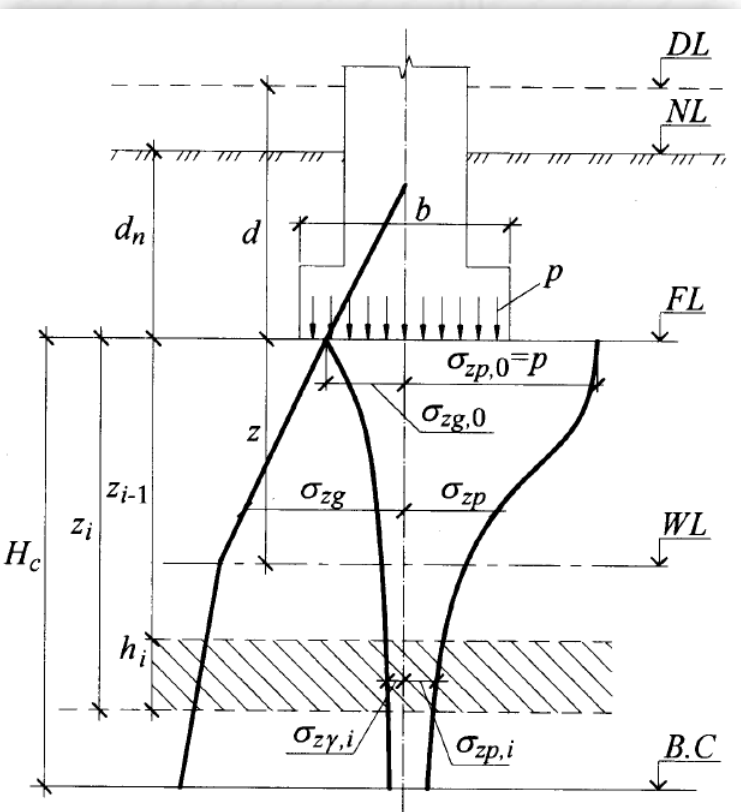
Учет неравномерной геологии



Расчет осадки плитного фундамента.

Метод послойного суммирования

Метод послойного суммирования по СП 22.13330.2011



$$\sigma_{zg} = \sum \gamma_i h_i$$

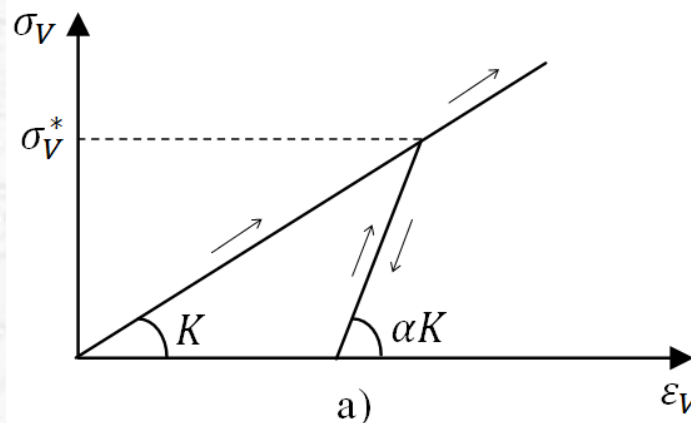
$$\sigma_{zp} = \alpha(z)p$$

$$\sigma_{z\gamma} = \alpha(z)\sigma_{zg,0}$$

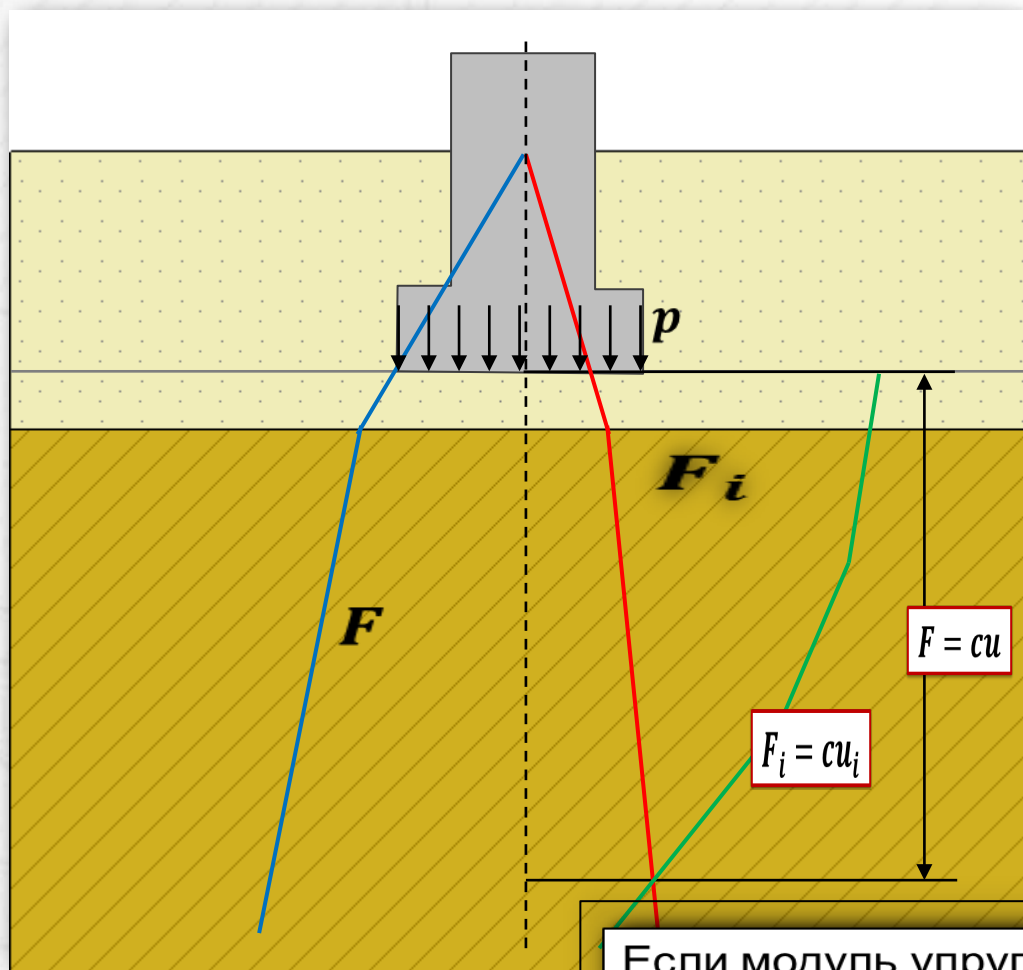
Глубина сжимаемой толщи:

$$\sigma_{zp} = 0,5\sigma_{zg}$$

$$s = \begin{cases} \beta \sum_{i=1}^n \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{z\gamma,i})h_i}{E_i} + \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{z\gamma,i}h_i}{E_{e,i}}, & p > \sigma_{zg,0}, \\ \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp,i}h_i}{E_{e,i}}, & p \leq \sigma_{zg,0}. \end{cases}$$



Определение глубины сжимаемой толщ



$$F$$

$$F = F_0 + cu$$

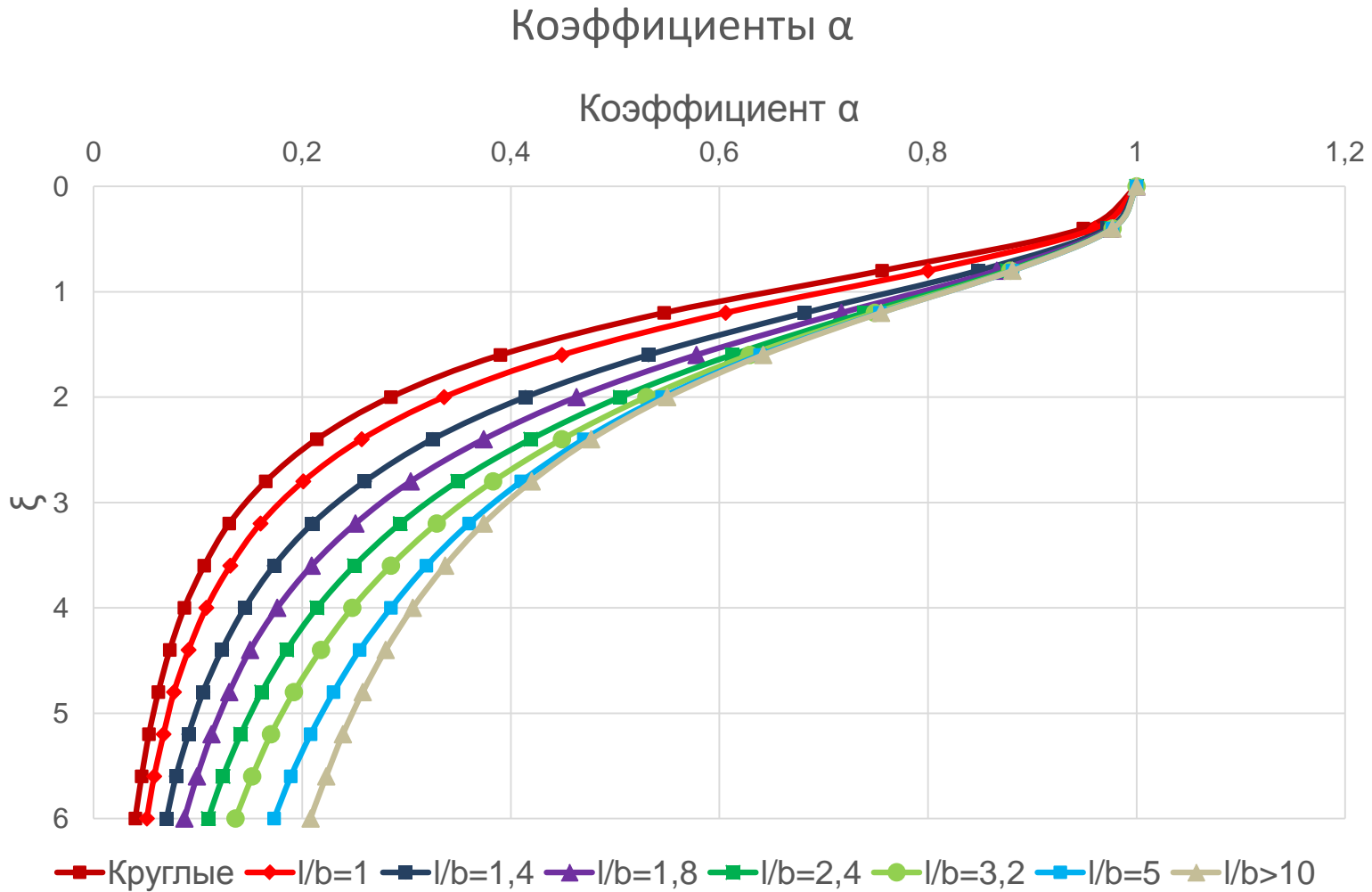
$$\sigma_{zp} = 0,5\sigma_{zg}$$

H_c – глубина сжимаемой толщ

$$F = cu$$

$$F_i = cu_i$$

Если модуль упругости грунта ≥ 100 МПа, то сжимаемую толщ можно принимать в кровле грунта. Если модуль упругости грунта ≤ 7 МПа, то сжимаемая толщ в подошве этого грунта или находится из условия $\sigma_{zp} = 0,2\sigma_{zg}$.



Относительная глубина

$$\xi = 2z/b$$

z – глубина,
 l – длина фундамента,
 b – ширина фундамента.

GeoSet 1.0 - C:\Program Files (x86)\GeoSoft\GeoSet\Примеры\Пример1.gslx

Файл Справка

▶ МЕТОД

Фундамент: СП 22.13330.2011 Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* (ОСНОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ), пп. 5.6.31-5.6.33, 5.6.35, 5.6.40, 5.6.41

Норматив:

▶ ПЛИТА

Форма: Ширина, м: Длина, м: Глубина, м: Давление, кПа:

▶ ГЕОЛОГИЯ

ИГЭ	Тип грунта	h, м	γ , кН/м ³	γ_{sat} , кН/м ³	E, МПа	ν	φ , °
1	Насыпной	1,0	19,0	20,0	10	0,30	11
2	Супесь пластичная	2,0	21,8	23,0	32	0,30	25
3	Песок мелкий	2,0	21,0	22,4	37	0,30	36
4	Суглинок мягкопластичный	2,0	19,0	20,8	10	0,35	11
5	Глина полутвердая	2,0	22,2	22,9	18	0,42	18

▶ УРОВНИ ГВ

№	h1, м	h2, м
1	3,0	5,0

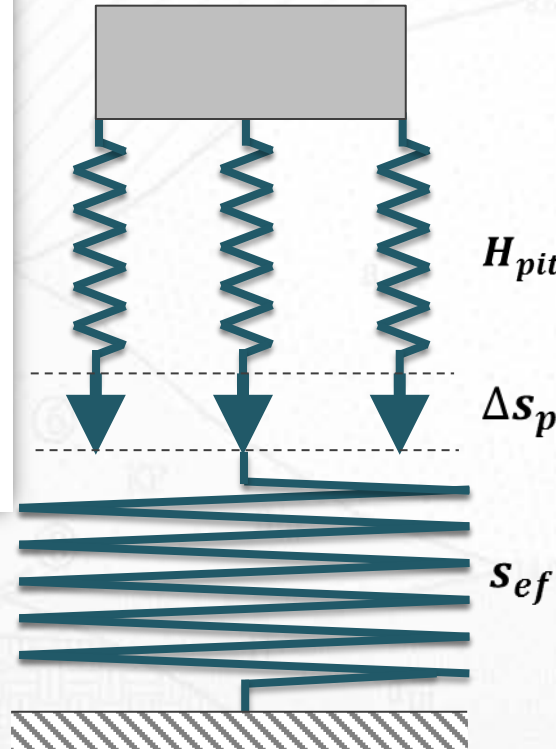
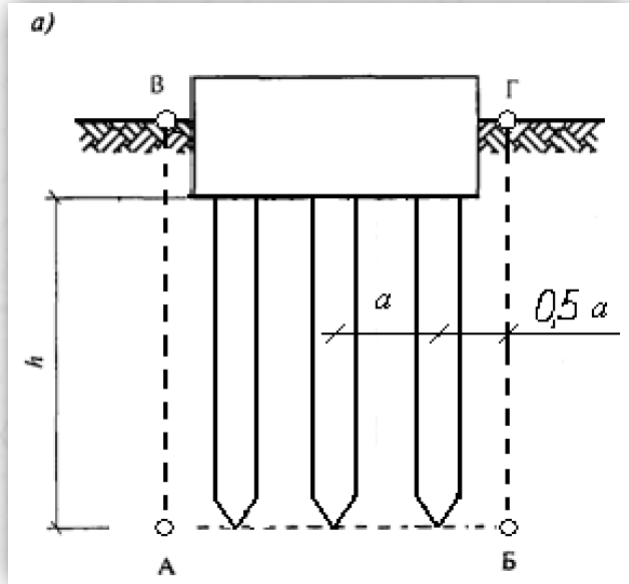
— 1 Давление от приложенной нагрузки, кПа
— 2 Давление от веса грунта, умноженное на коэффициент k (k = 0,50), кПа
— 3 Суммарная осадка, см

▲ РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Осадка S, см **4,84**
 Коэффициент постели C=P/S, кН/м³ 4548

Расчет осадки свайного фундамента.

Условный фундамент



$$K = 18,3\%$$

s_{ef} – осадка условного фундамента по СП 22.13330.2011;
 Δs_p – дополнительная осадка за счет продавливания свай на уровне подошвы условного фундамента;
 Δs_c – дополнительная осадка за счет сжатия ствола свай.

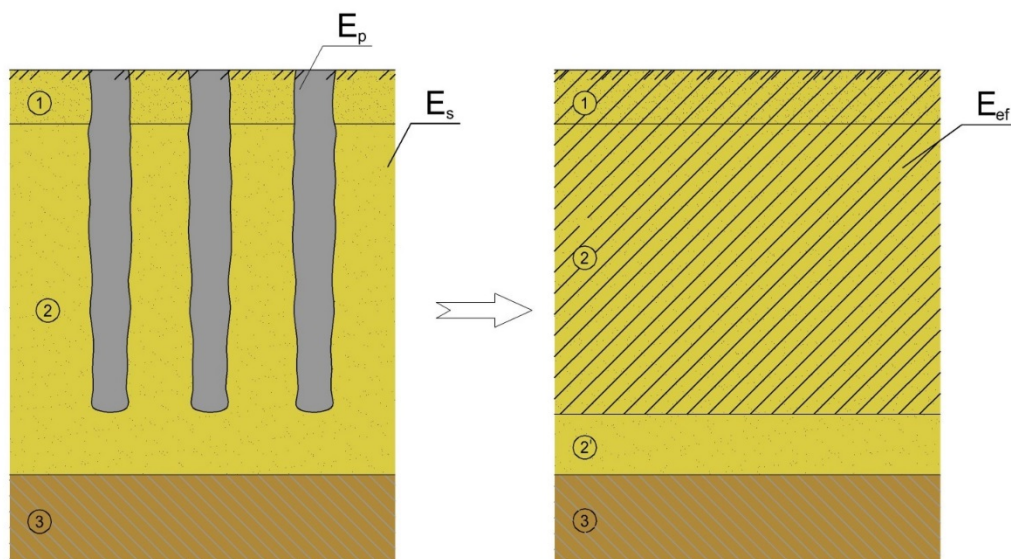
$$F_{lim} = \int_{H_{pit}}^L (p_p(h) - p_0(h)) dh = \sum_{i=1}^N (p_{pi} - p_{0i})$$

$$F = \int_{H_{pit}}^L (p(h) - p_0(h)) dh = \sum_{i=1}^N (p_i - p_{0i})$$

Расчет осадки Укрепленного основания.

Эффективный модуль деформации

на укрепленном грунте. Эффективный модуль



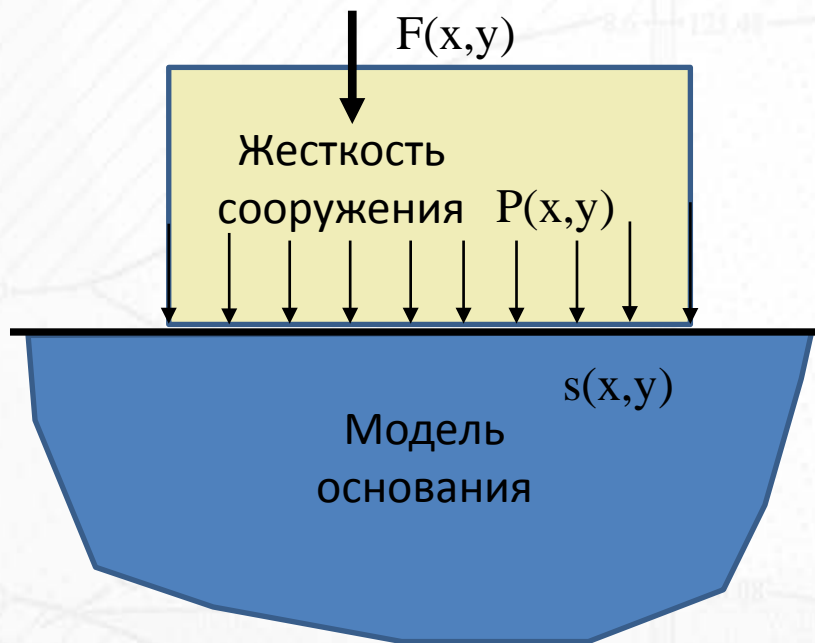
$$F = \frac{F_{\text{плат}}}{K_y}$$

E_{eff} – средний модуль деформации укрепленного грунта,
 E_p – модуль деформации свай,
 E_s – модуль деформации грунта,
 A – площадь фундаментной плиты,
 A_p – общая площадь свай.

$$F_0$$

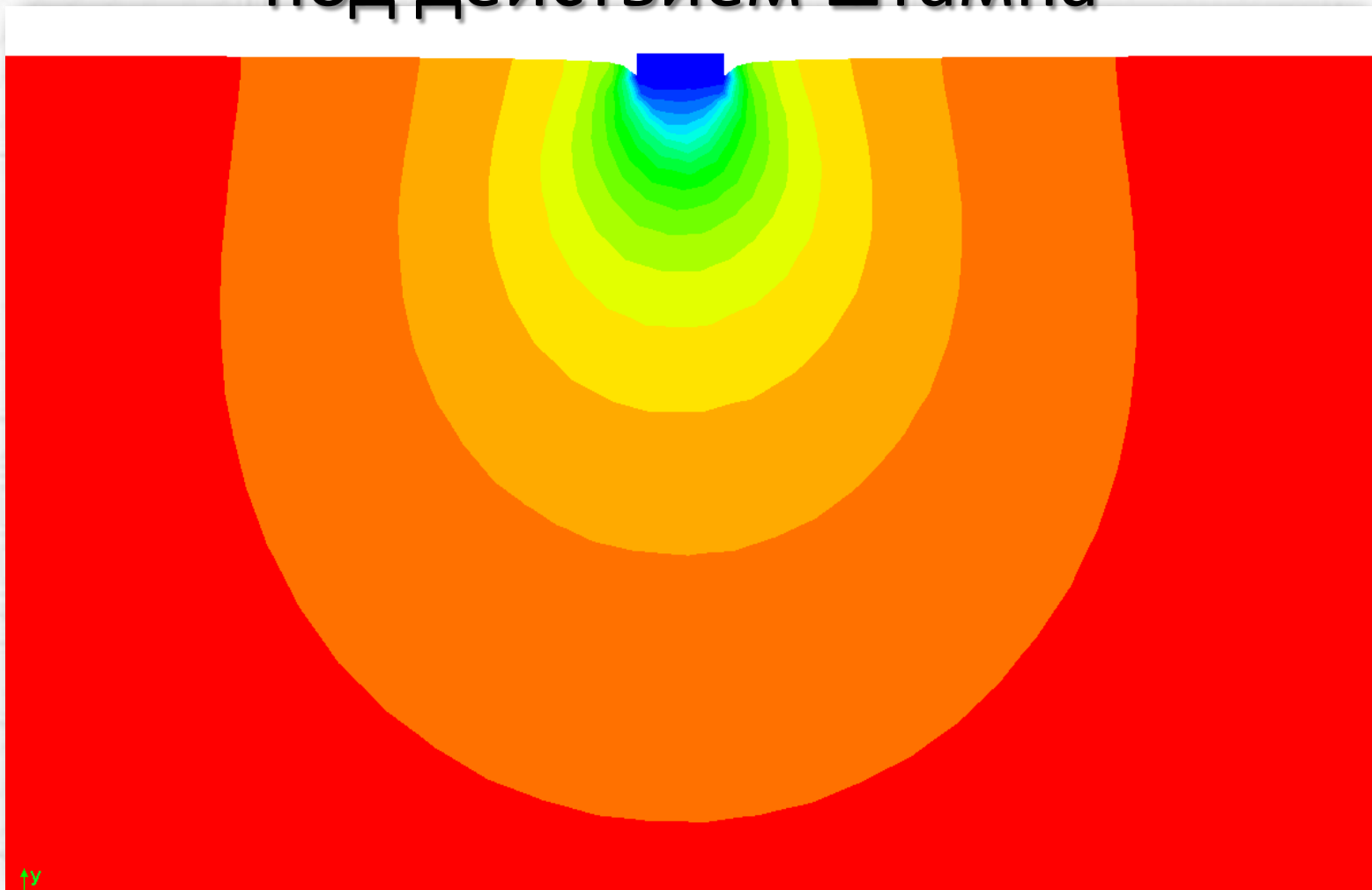
$$F_{lim}$$

Распределение
осадки грунта
по площади плиты на
естественном основании

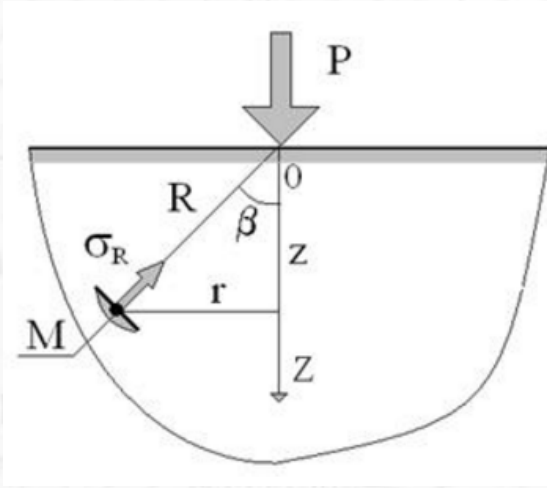


$F(x,y)$ – система внешних нагрузок;
 $P(x,y)$ – давление сооружения на
грунтовое основание;
 $s(x,y)$ – распределение осадок

Перемещения грунта под действием штампа

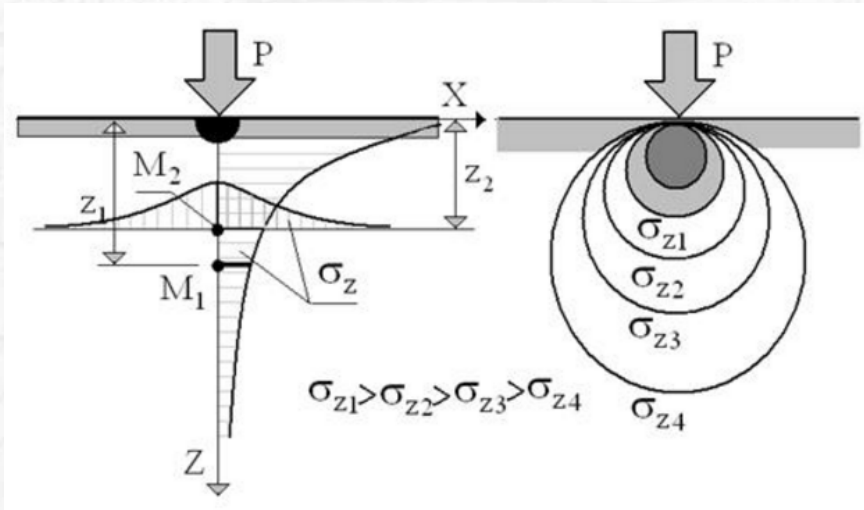


Действие сосредоточенной силы на полупространство (решение Буссинеска)



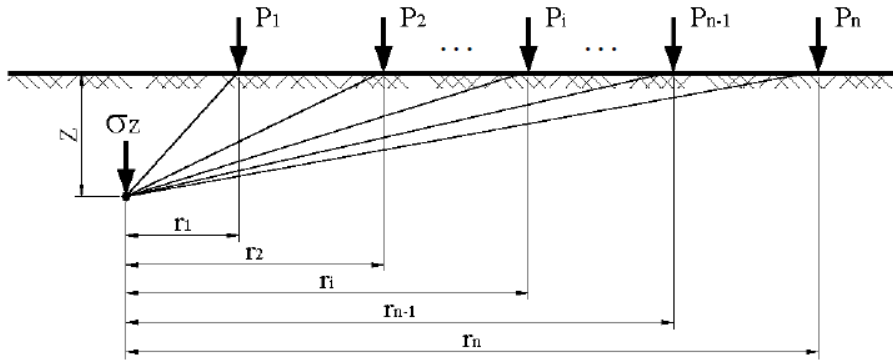
$$\sigma_z = \frac{3P z^3}{2\pi[r^2 + z^2]^{5/2}} = K \frac{P}{z^2}$$

$$K = \frac{3}{2\pi[1 + r^2/z^2]^{5/2}}$$



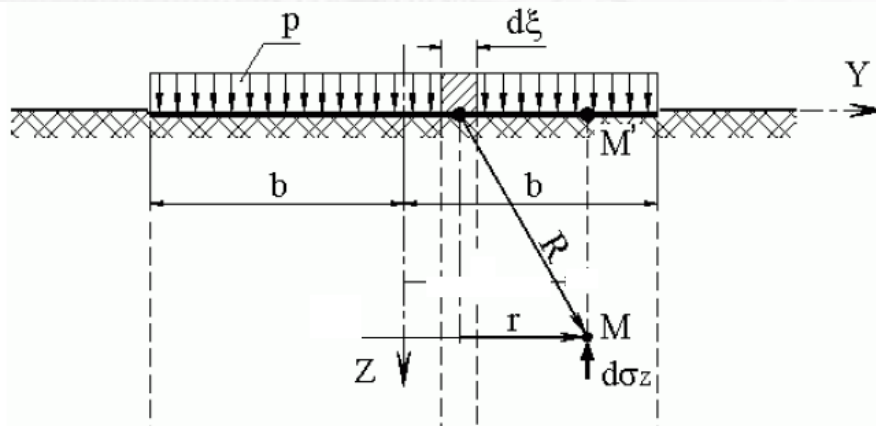
Действие распределенной нагрузки на полупространство

Действие группы сил на полупространство



$$\sigma_z = \frac{1}{z^2} \cdot (P_1 \cdot K_1 + \dots + P_i \cdot K_i + \dots + P_n \cdot K_n) = \frac{1}{z^2} \cdot \sum_{i=1}^n P_i \cdot K_i$$

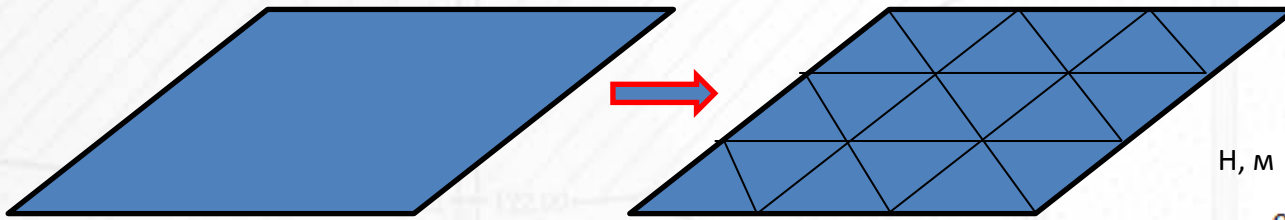
Действие распределенной нагрузки на полупространство



$$d\sigma_z = \frac{3p(\zeta, \eta) z^3 d\zeta d\eta}{2\pi [(x - \zeta)^2 + (y - \eta)^2 + z^2]^{5/2}}$$

$$\sigma_z = \frac{3}{2\pi} \iint_S \frac{p(\zeta, \eta) z^3 d\zeta d\eta}{[(x - \zeta)^2 + (y - \eta)^2 + z^2]^{5/2}}$$

Численное интегрирование

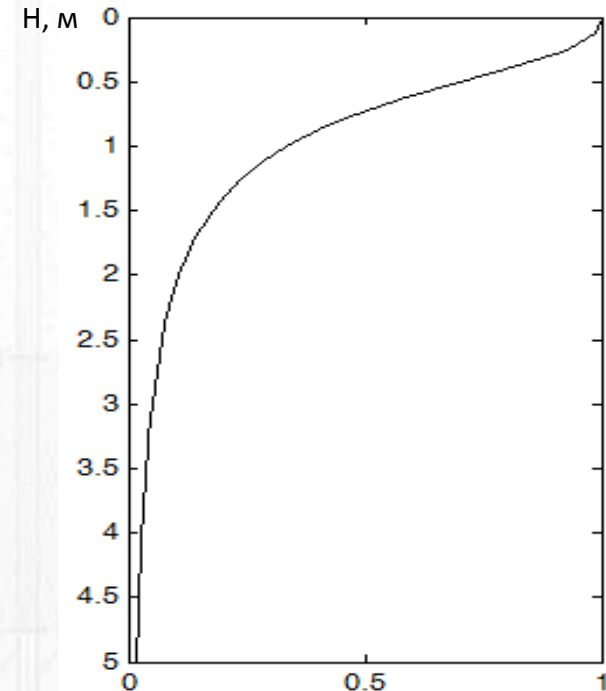


$$\sigma_z(x, y, z) = \frac{3}{2\pi} \iint_S \frac{p(\zeta, \eta) z^3 d\zeta d\eta}{[(x - \zeta)^2 + (y - \eta)^2 + z^2]^{5/2}}$$



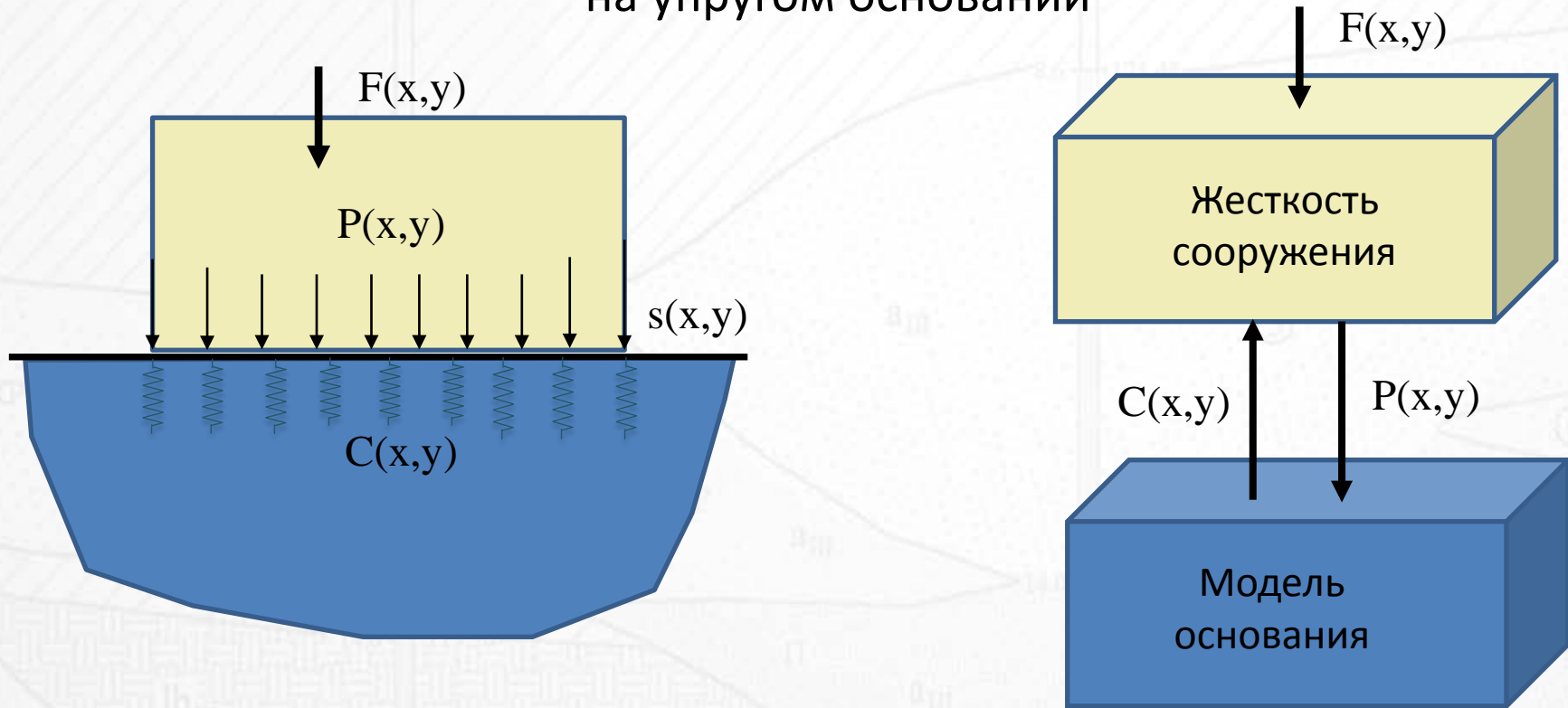
$$\sigma_z(x, y, z) = \frac{3}{2\pi} \sum_i \iint_{\Delta_i} \frac{p(\zeta, \eta) z^3 d\zeta d\eta}{[(x - \zeta)^2 + (y - \eta)^2 + z^2]^{5/2}} \approx$$

$$\approx \frac{3}{2\pi} \sum_i \sum_j \frac{A_j p(\zeta_j, \eta_j) z^3}{[(x - \zeta_j)^2 + (y - \eta_j)^2 + z^2]^{5/2}}$$



Распределение по глубине σ_z в центральной точке

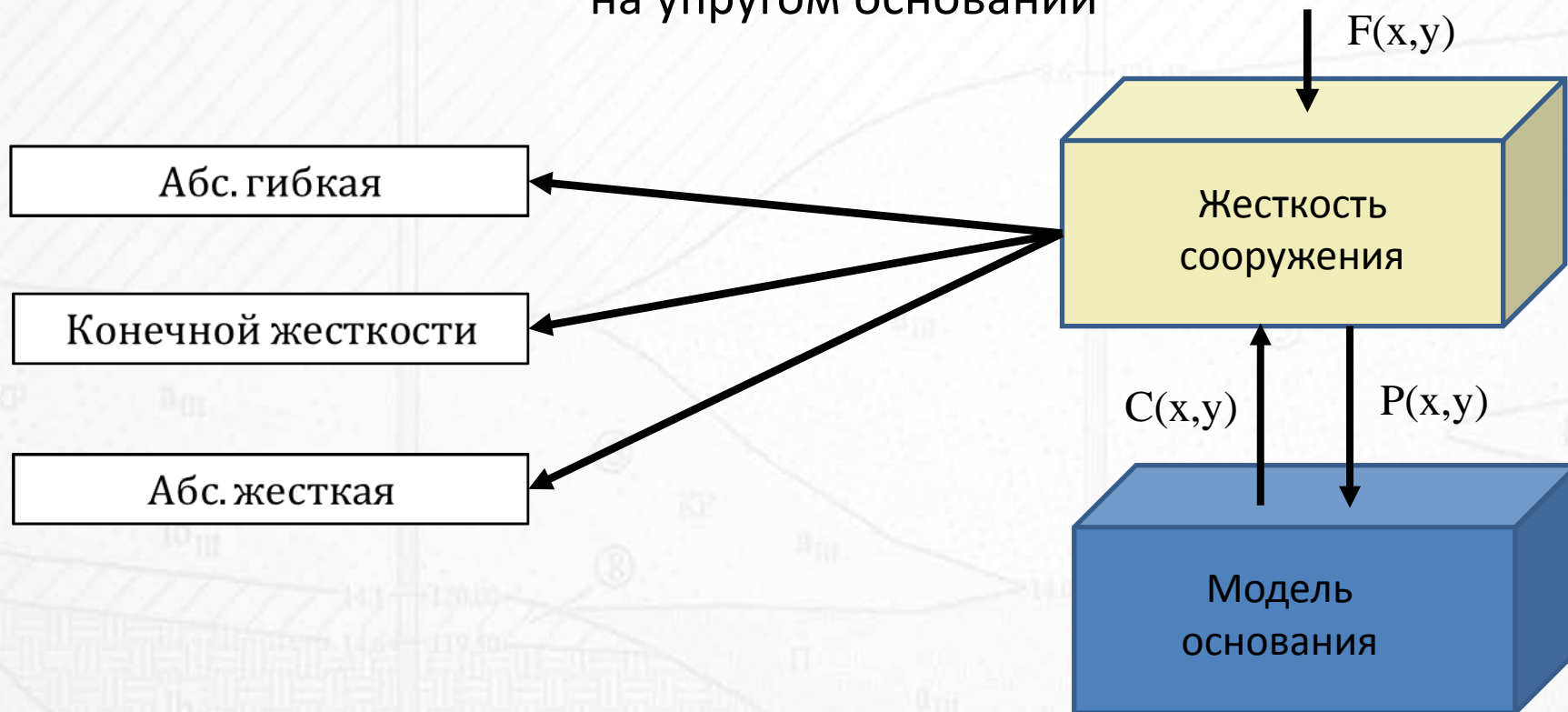
Анализ конструкции различной жесткости на упругом основании



$C(x,y)$ – поле коэффициента постели.

$$C(x,y) = \frac{p(x,y)}{s(x,y)}$$

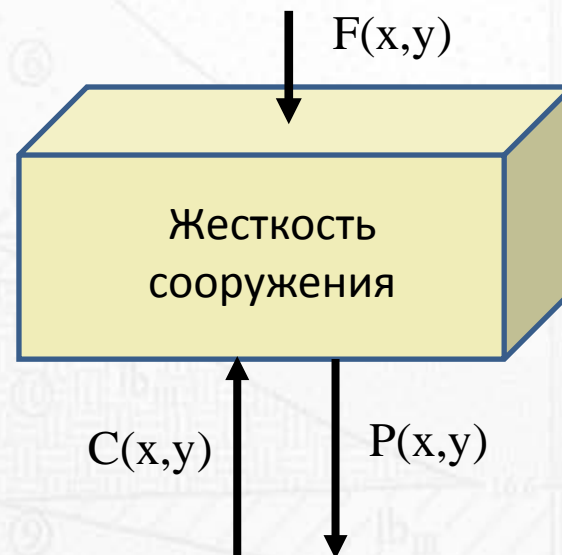
Анализ конструкции различной жесткости на упругом основании

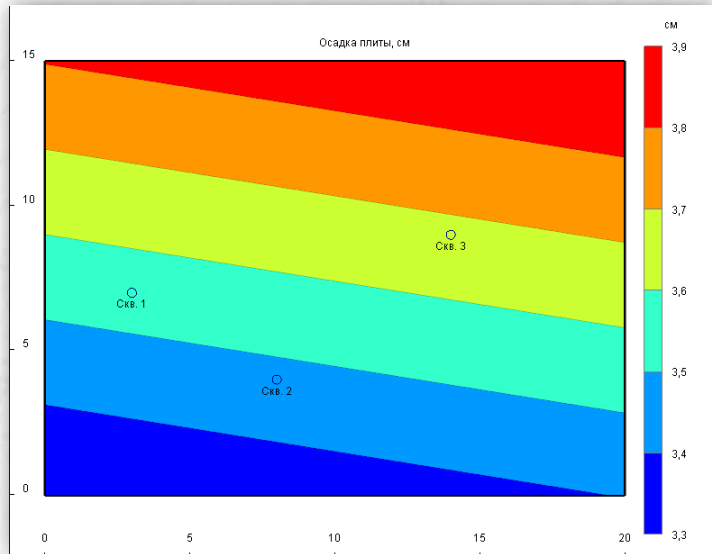


$C(x,y)$ – поле коэффициента постели.

$$C(x,y) = \frac{p(x,y)}{s(x,y)}$$

Абсолютно жесткая плита





Перемещение точки плиты:

$$U_z = U_{cz} + y\varphi_x - x\varphi_y$$

Сила реакции грунта как упругого основания:

$$q_z = -C(x, y) * U_z$$

U_z – перемещение точки плиты,

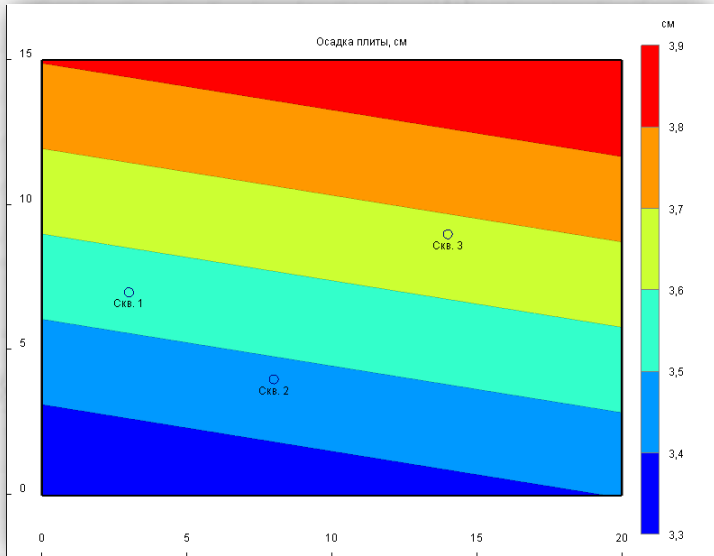
U_{cz} – перемещение центра тяжести плиты,

φ_x – угол поворота плиты относительно оси X ,

φ_y – угол поворота плиты относительно оси Y ,

x – проекция на ось X расстояния от центра тяжести до выбранной точки,

y – проекция на ось Y расстояния от центра тяжести до выбранной точки.

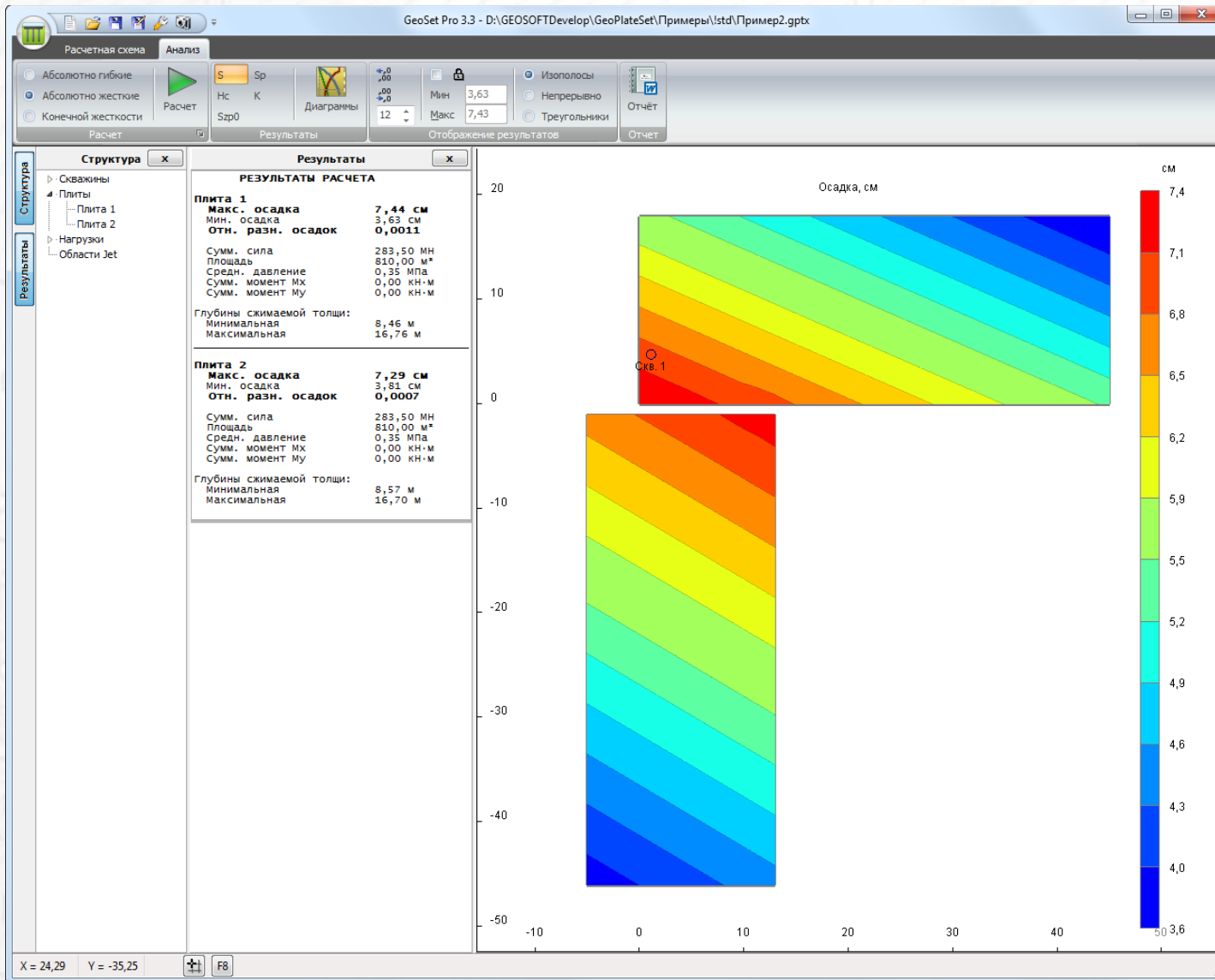


Уравнения равновесия сил и моментов

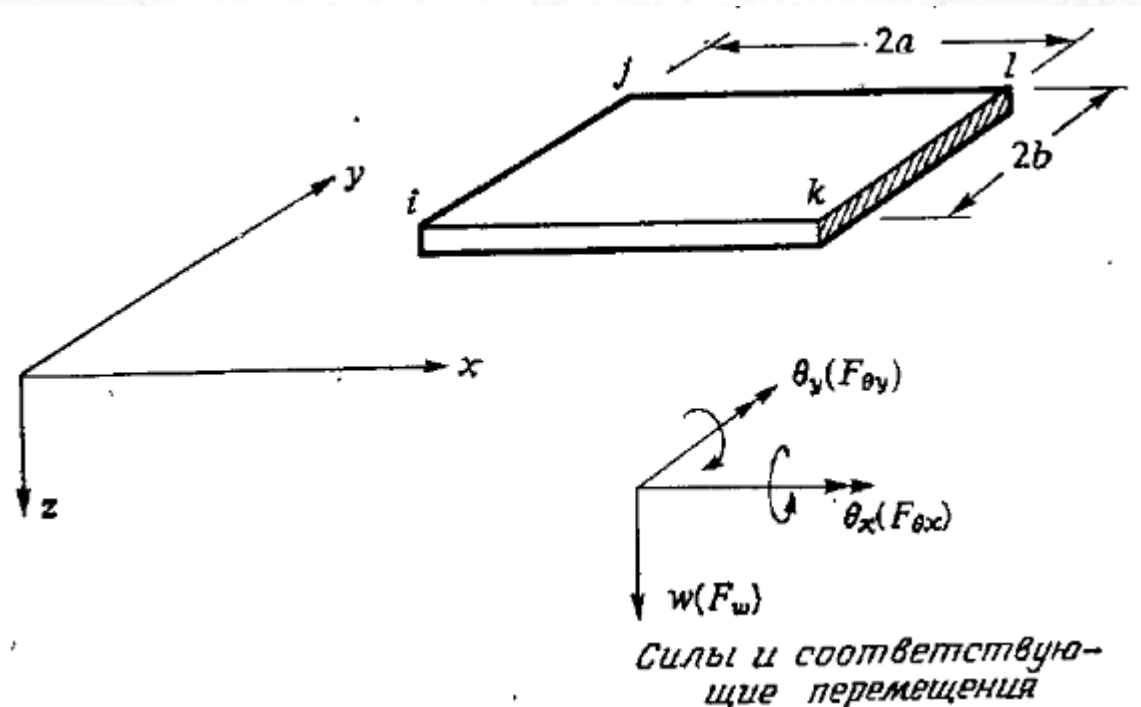
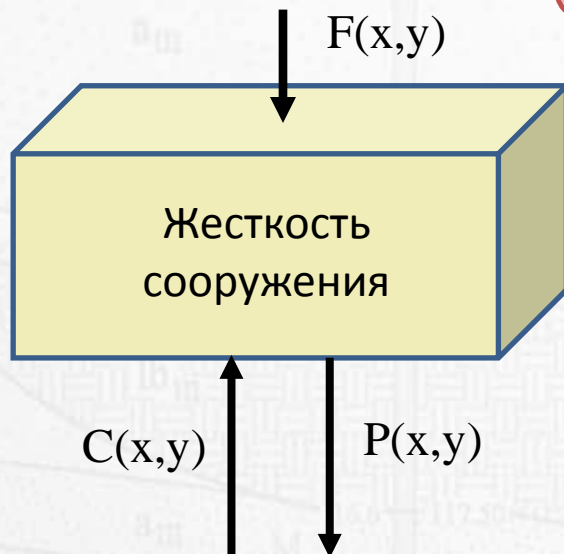
$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_i^N F_i = 0, \\ \sum_i^N M_{xi} = 0, \\ \sum_i^N M_{yi} = 0. \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \int_A q_z dA - F^{(1)} = 0, \\ M_x^{(1)} + \int_A y q_z dA = 0, \\ M_y^{(1)} + \int_A (-x q_z) dA = 0. \end{array} \right.$$

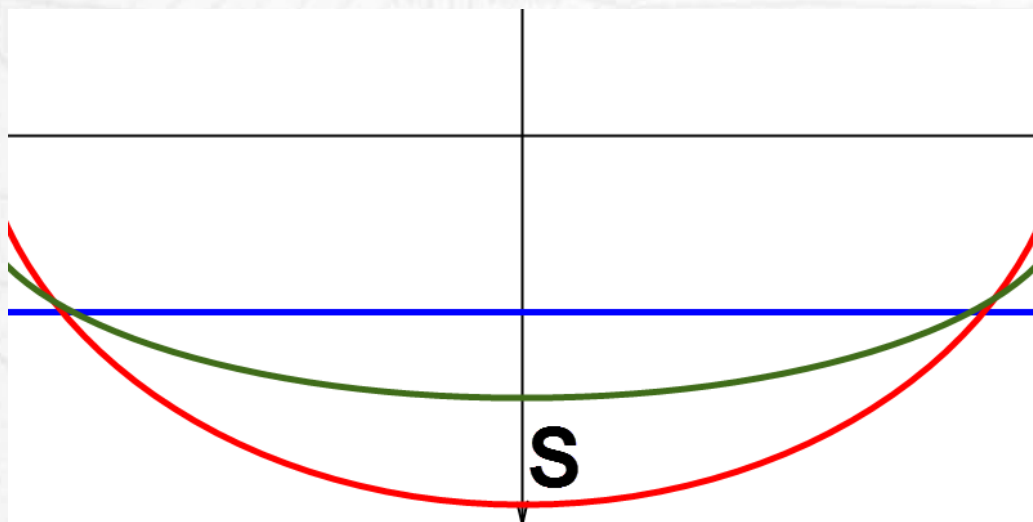
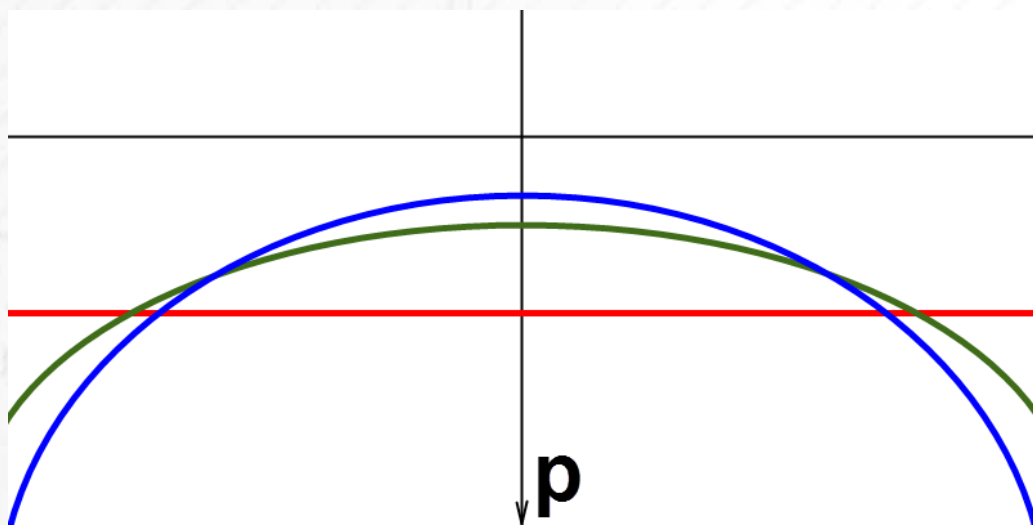
q_z – сила реакции грунта как упругого основания,
 $F^{(1)}$ – внешние силы, действующие на плиту,
 $M_x^{(1)}$ – внешние моменты оси X , действующие на плиту,
 $M_y^{(1)}$ – внешние моменты оси Y , действующие на плиту,
 x – проекция на ось X расстояния от центра тяжести до выбранной точки,
 y – проекция на ось Y расстояния от центра тяжести до выбранной точки.






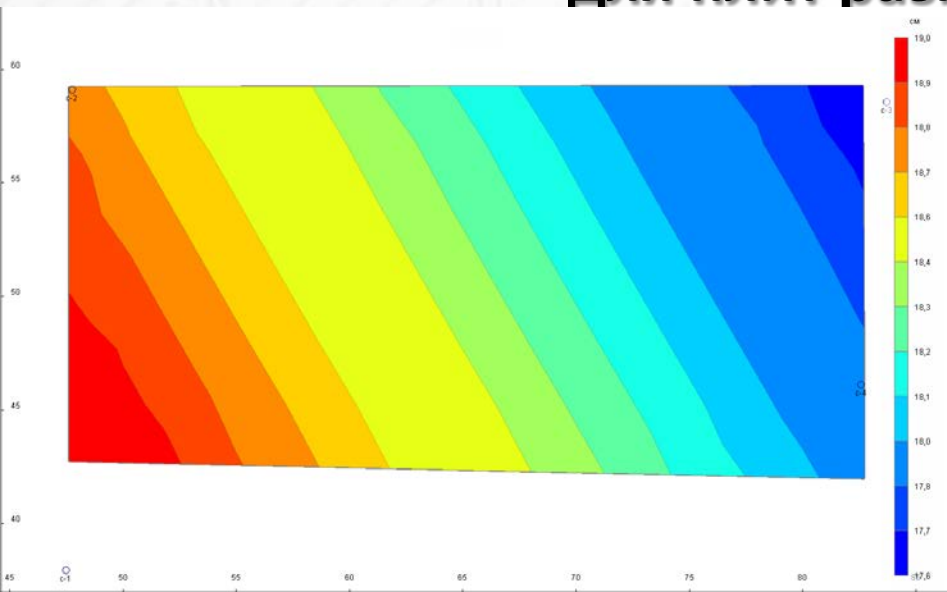
Плита конечной жесткости – МКЭ для пластин на упр. основании



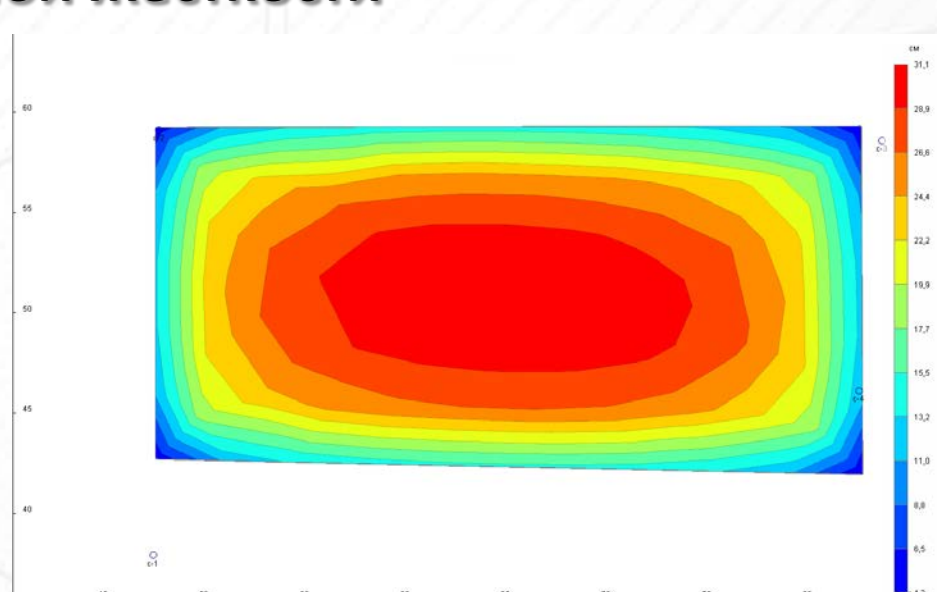
Сравнение результатов для плит с разной моделью поведения



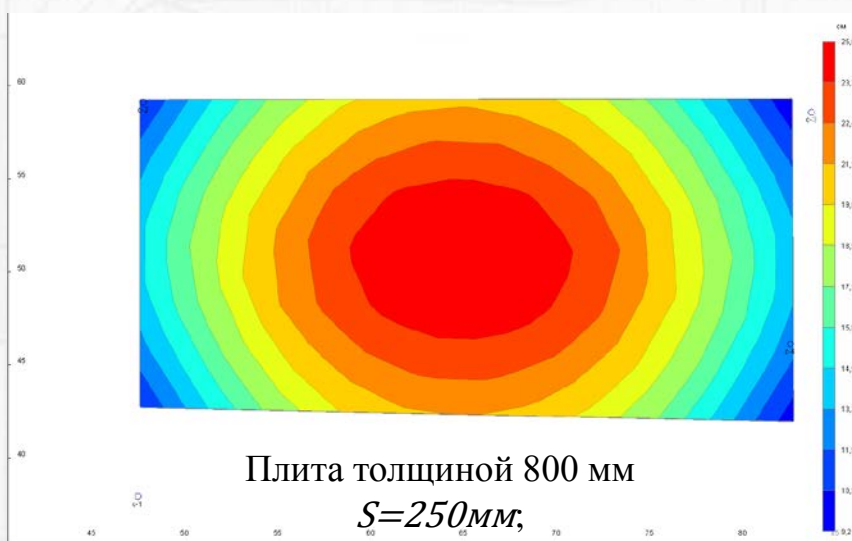
-  абсолютная жесткая плита
-  плита конечной жесткости
-  абсолютная гибкая плита



Абсолютно жесткая плита
 $S=190\text{ мм}$,

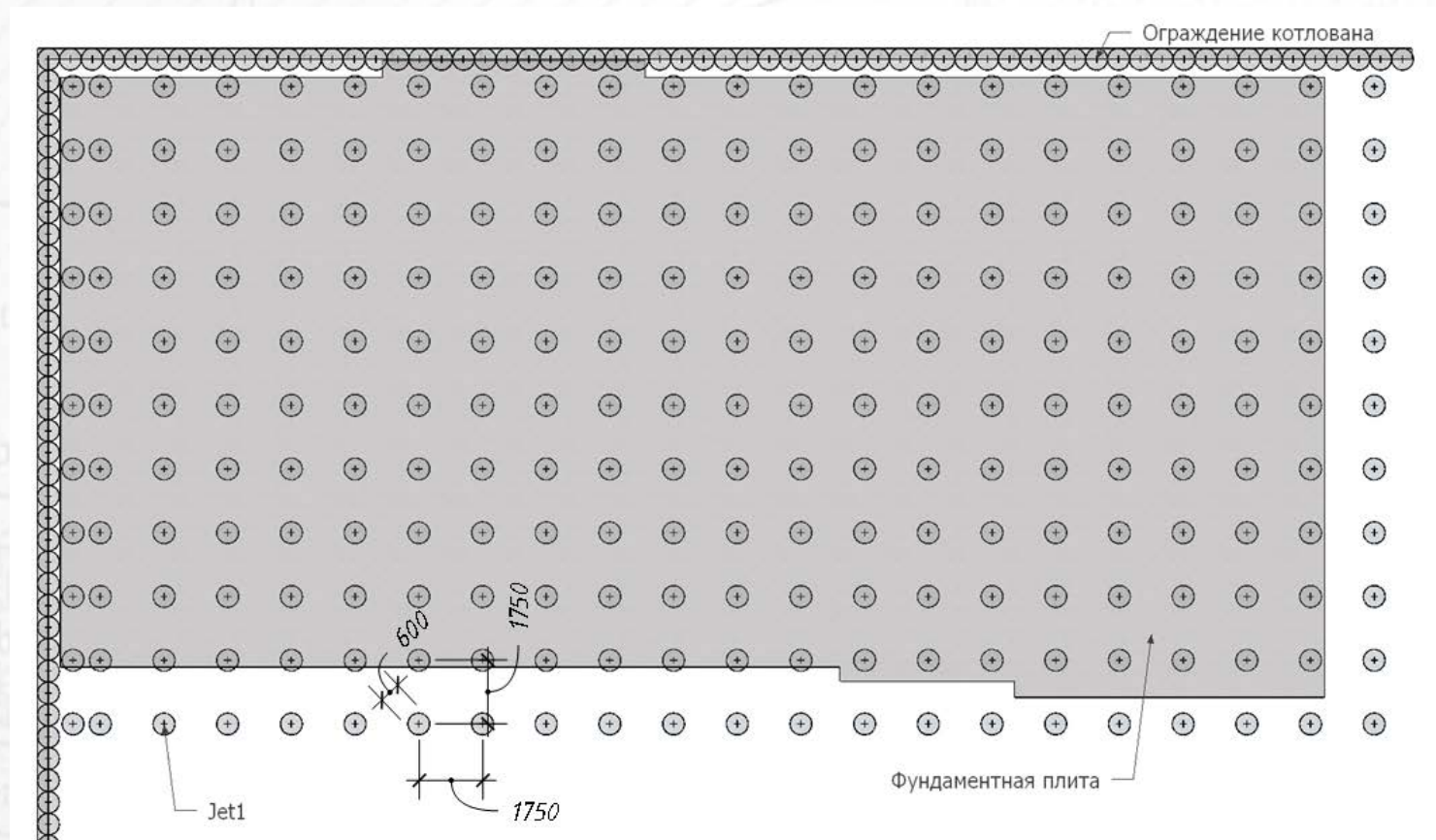


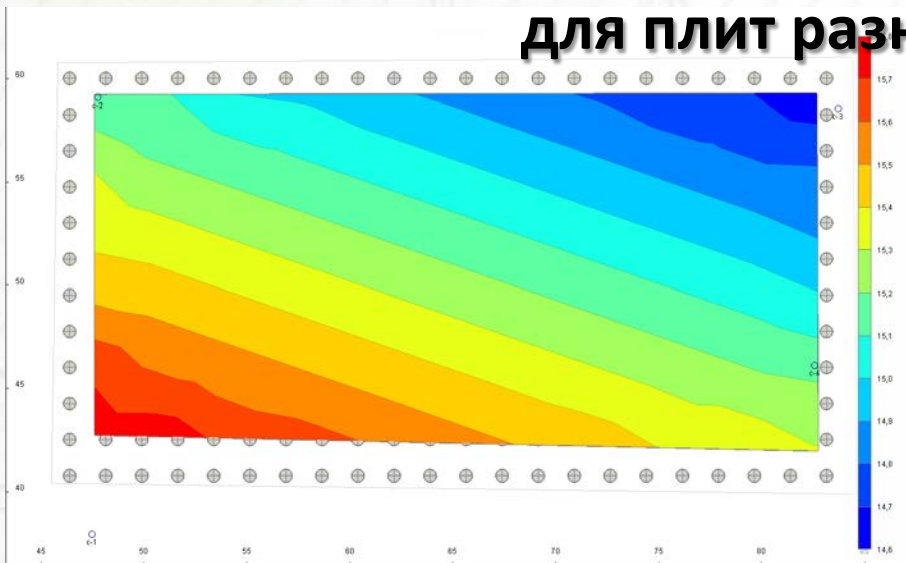
Абсолютно гибкая.
 $S=311\text{ мм}$,



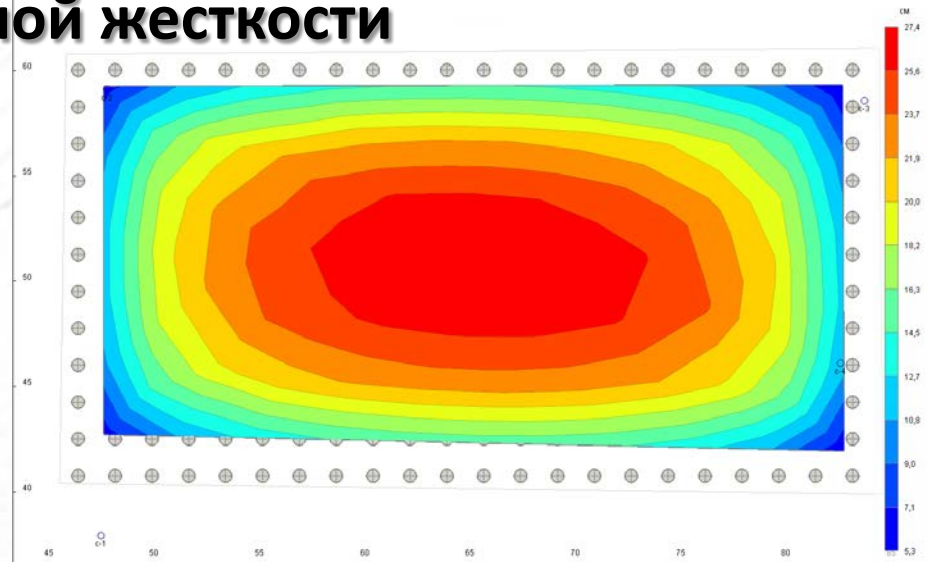
Плита толщиной 800 мм
 $S=250\text{ мм}$,

Распределение осадки на укрепленном основании

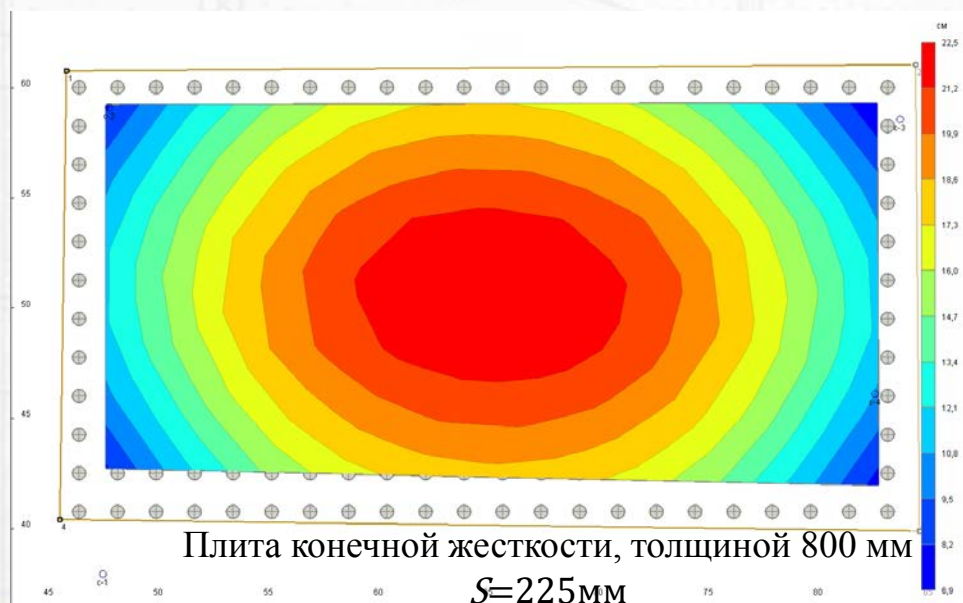




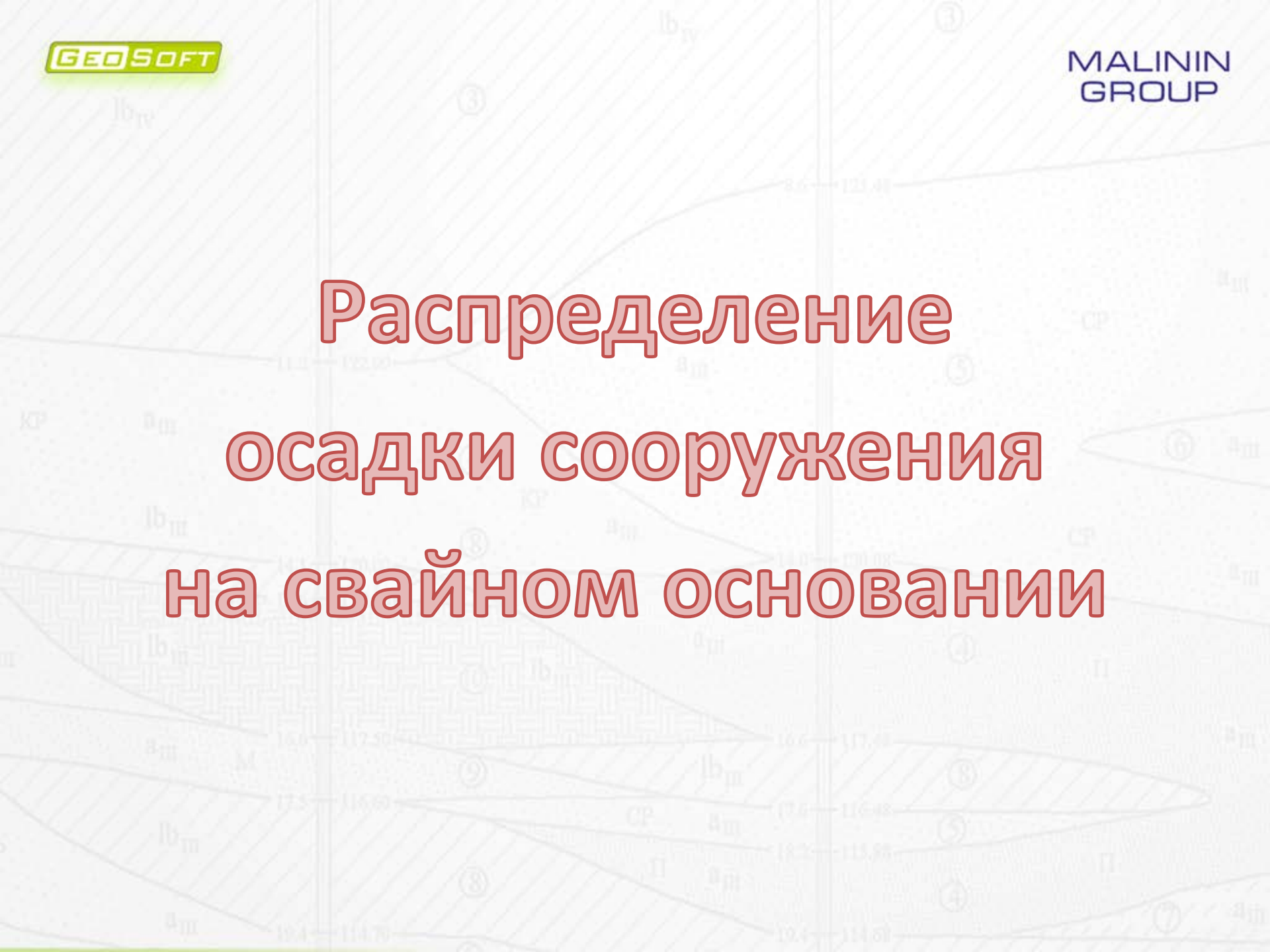
Абсолютно жесткая плита
 $S=159$ мм



Абсолютно гибкая плита
 $S=274$ мм



Плита конечной жесткости, толщиной 800 мм
 $S=225$ мм

The background is a technical drawing of a geological cross-section. It shows various soil layers with different hatching patterns and labels such as 'lb IV', 'lb III', 'lb II', 'lb I', 'a III', 'a II', 'a I', 'CP', and 'П'. There are also numerical values and circled numbers (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) indicating specific points or layers. The drawing is oriented vertically, with the ground surface at the top and deeper layers below.

Распределение

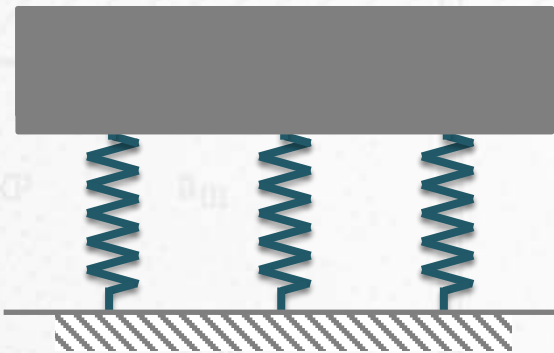
осадки сооружения

на свайном основании

Абсолютно жёсткая плита. Свайный фундамент

Перемещение точки плиты:

$$U_z = U_{cz} + y\varphi_x - x\varphi_y$$



Сила реакции i -ой сваи:

$$R_{si} = -E_{si}(U_{si} - U_{si0})$$

U_z – перемещение точки плиты,

E_{si} – модуль упругости i -ой сваи,

U_{si} – вертикальное смещение фундамента в месте установки i -ой сваи,

U_{si0} – вертикальное смещение фундамента до установки i -ой сваи,

U_{cz} – перемещение центра тяжести плиты,

φ_x – угол поворота плиты относительно оси X ,

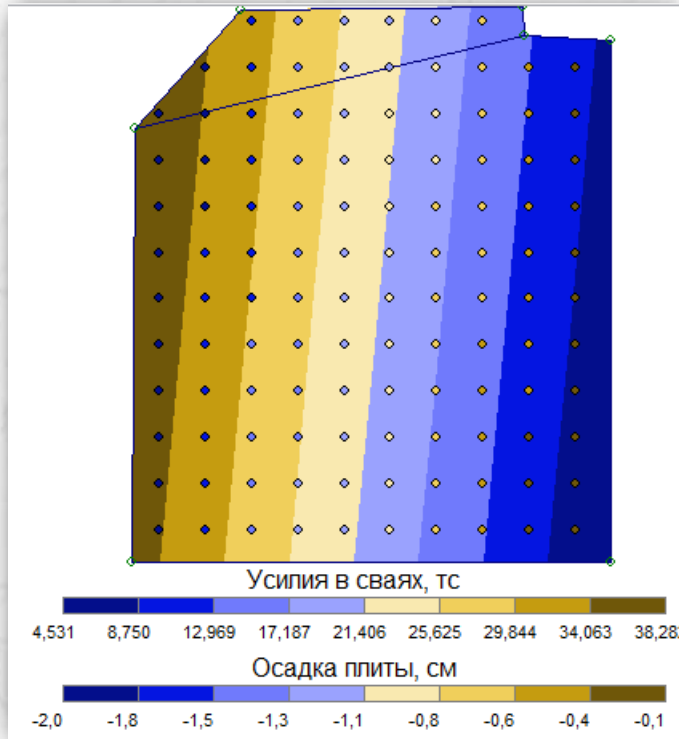
φ_y – угол поворота плиты относительно оси Y ,

x – проекция на ось X расстояния от центра тяжести до выбранной точки,

y – проекция на ось Y расстояния от центра тяжести до выбранной точки.

Абсолютно жёсткая плита. Свайный фундамент

Законы сохранения сил и моментов



$$\begin{cases} \sum_i^N F_i = 0, \\ \sum_i^N M_{xi} = 0, \\ \sum_i^N M_{yi} = 0. \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n R_{si} - F^{(2)} = 0, \\ \sum_{i=1}^n [(y_i - y_c)R_{si}] + M_x^{(2)} = 0, \\ \sum_{k=1}^n -[(x_i - x_c)R_{si}] + M_y^{(2)} = 0 \end{cases}$$

R_{si} – сила реакции i -ой сваи,

$F^{(2)}$ – внешние силы, действующие на плиту,

$M_x^{(2)}$ – внешние моменты оси X , действующие на плиту,

$M_y^{(2)}$ – внешние моменты оси Y , действующие на плиту,

x – проекция на ось X расстояния от центра тяжести до выбранной точки,

y – проекция на ось Y расстояния от центра тяжести до выбранной точки.

GEO SOFT

MALININ
GROUP



ALTE Terra

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ ПРОГРАММА
ДЛЯ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ



GEO WALL

РАСЧЕТ ОГРАЖДЕНИЯ
КОТЛОВАНОВ

GEO SOFT

КОМПЛЕКС ПРОГРАММ ДЛЯ
ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ



GEO STAB

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ
ОТКОСОВ И КОТЛОВАНОВ



GEO PLATE

РАСЧЕТ ОСАДКИ
СВАЙНО-ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ



GEO PILE

РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ
СВАЙ



GEO ANCHOR

РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ
АНКЕРА