

## Расчёт микросвайного фундамента

Программа: Куст свай

Файл: Demo\_manual\_en\_36.gsp

Целью данного руководства является объяснение использования программы GEO5 – Pile Group для расчёта микросвайного фундамента.

### Назначение:

Расчёт микросвайного фундамента под башенным краном производится в соответствии с EN 1997 – DA2. На рис. 1 показана схема микросвайного фундамента. Координаты и наклон отдельных микросвай представлены в табл. 1. Микросваи изготовлены из стали (S355) и имеют сечение ТК 108 х 20. Общая длина микросвай составляет 7,0 м и они разделены на три части. Нижняя часть представляет собой основание диаметром 0,3 м и длиной 3,0 м. Следующая часть — это свободная микросвая длиной 3,0 м и последняя часть — соединительная микросвая с оголовком длиной 1,0 м. Геологический профиль данной задачи показан в табл. 2. Грунтовые воды не учитываются. Рассчитаем вертикальные пружины вдоль основания микросвай, «Модуль реакции на сдвиг  $k_v = 45.00 \text{ МН/м}^3$ » которых будет постоянным вдоль основания микросвай, а жёсткость «Пружины на основании  $k_p = 5.00 \text{ МН/м}$ » будет использоваться в расчёте. «Средний предел поверхностного трения» для проверки основания микросвай был определён путём геоизысканий как  $q_{sav} = 350.00 \text{ кПа}$ .

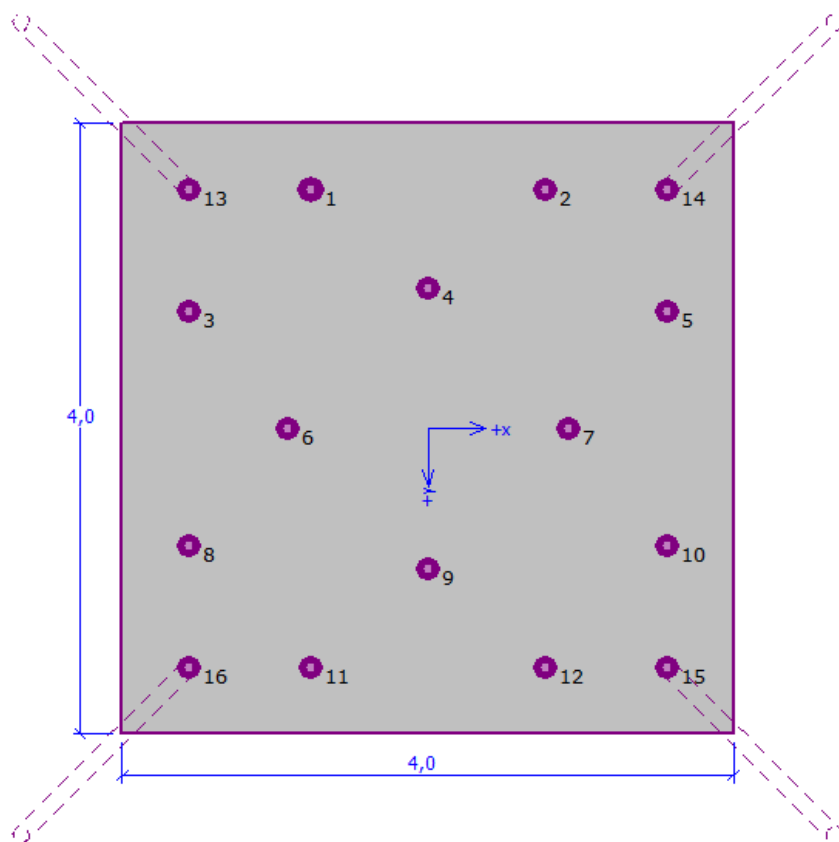


Рис. 1. Схема микросвайного фундамента.

Микросвая №	X	Y	Наклон
	[м]	[м]	[°]
1	-0.77	-1.57	0.00
2	0.77	-1.57	0.00
3	-1.57	-0.77	0.00
4	0.00	-0.92	0.00
5	1.57	-0.77	0.00
6	-0.92	0.00	0.00
7	0.92	0.00	0.00
8	-1.57	0.77	0.00
9	0.00	0.92	0.00
10	1.57	0.77	0.00
11	-0.77	1.57	0.00
12	0.77	1.57	0.00
13	-1.57	-1.57	15.00
14	1.57	-1.57	15.00
15	1.57	1.57	15.00
16	-1.57	1.57	15.00

Табл. 1. Координаты и наклон микросвай

Грунт	Глубина [м]	$\gamma$ [кН/м³]	$\phi_{ef}$ [°]	$c_{ef}$ [кПа]	$\nu$ [-]	$E_{def}$ [МПа]	$k$ [МН/м³]	$\beta$ [°]
Грунт 1 (CL, CI)	0.00 – 1.90	21.00	19.00	30.00	0.40	10.00	150.00	9.50
Грунт 2 (ML, MI)	1.90 – 3.10	20.00	21.00	12.00	0.40	4.00	200.00	10.50
Грунт 3 (G-F)	3.10 – 4.90	19.00	35.50	0.00	0.25	95.00	250.00	12.75
Грунт 4 (GP)	4.90 – 6.50	20.00	38.50	0.00	0.20	210.00	320.00	19.25
Грунт 5 (CH, CV, CE)	> 6.50	20.50	15.00	5.00	0.42	3.00	60.00	7.50

Табл. 2. Физико-механические характеристики грунтов

Эксплуатационная нагрузка, используемая для расчета поворота и осадки оголовка сваи, показана в табл. 3. Расчетные нагрузки приведены в табл. 4. Нагрузки считаются в середине верхней стороны оголовка сваи. Расчетная нагрузка от собственного веса оголовка сваи размерами 4,0 x 4,0 x 1,2 м рассчитывается автоматически.

Нагрузка	$N$ [кН]	$M_x$ [кНм]	$M_y$ [кНм]	$H_x$ [кН]	$H_y$ [кН]
Значение	609.00	2111.00	2111.00	47.00	47.00

Табл. 3. Эксплуатационная нагрузка

Нагрузка	$N$ [кН]	$M_x$ [кНм]	$M_y$ [кНм]	$H_x$ [кН]	$H_y$ [кН]
Значение	822.00	2850.00	2850.00	63.00	63.00

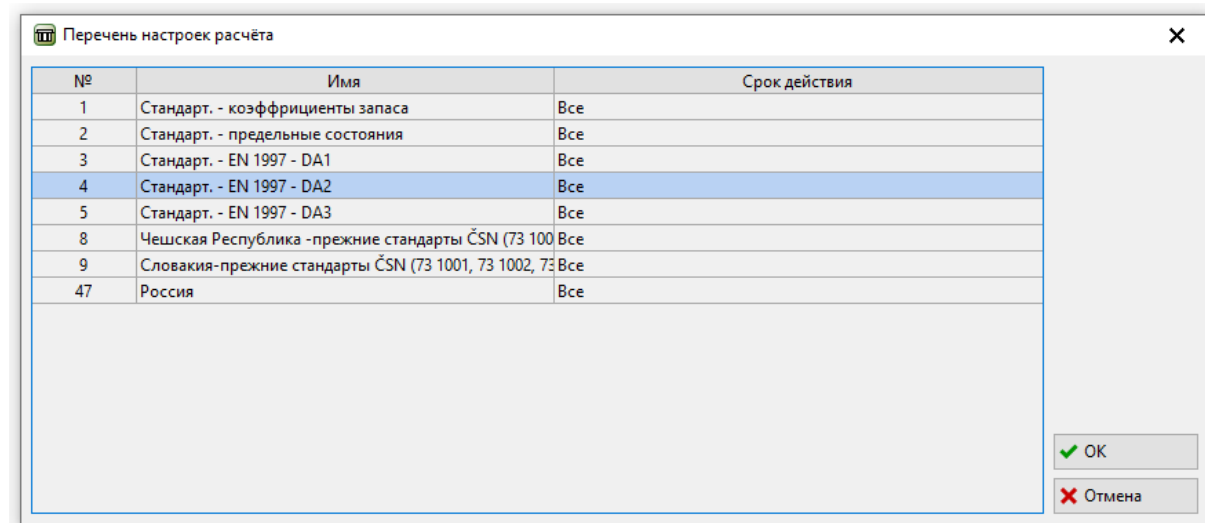
Табл. 4. Расчетная нагрузка

#### Решение:

Для решения этой задачи воспользуемся программой GEO5 – Куст свай. Проанализируем влияние нагрузки на каждую микросваю в кусте, а затем оценим наиболее нагруженную микросваю. В тексте ниже пошагово опишем решение этой задачи.

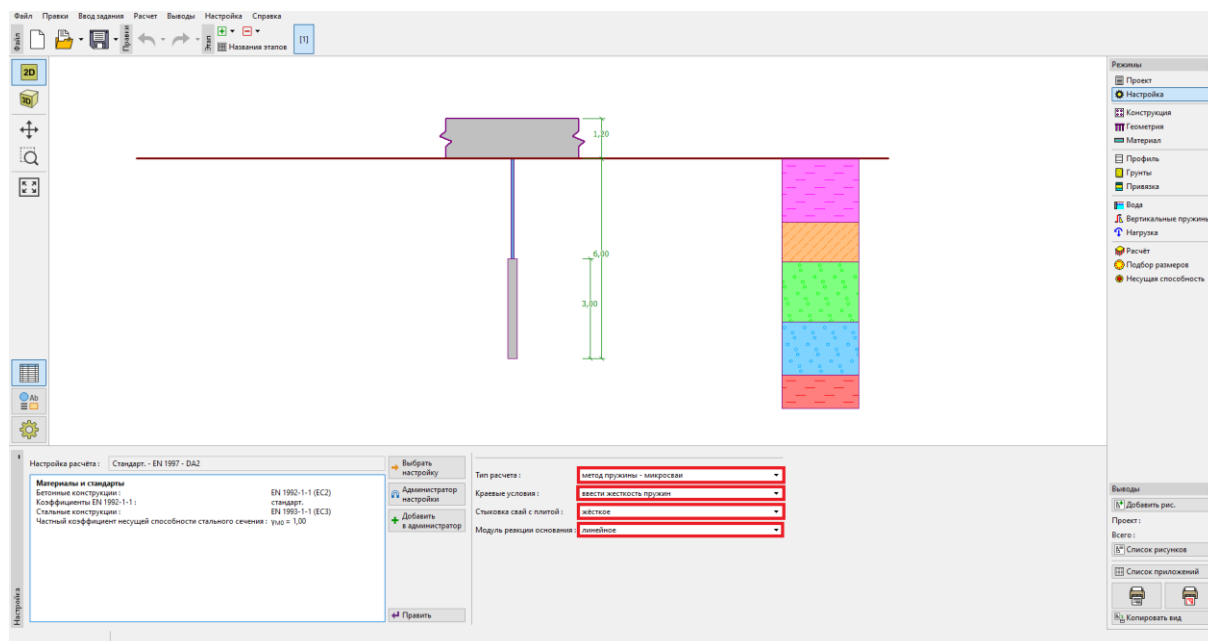
Будем анализировать куст микросвай, используя так называемый пружинный метод, который моделирует отдельные микросваи как балки на упругом основании. Каждая микросвая внутренне разделена на десять секций, для которых рассчитываются значения горизонтальных и вертикальных пружин. Оголовки сваи (опорная плита) считается бесконечно жёстким. Само решение осуществляется деформационным вариантом метода конечных элементов.

**Во вкладке «Настройка»** нажать на кнопку «Выбрать настройку» и в диалоговом окне «Перечень настроек расчёта» выбрать «Стандарт – EN 1997 – DA2».



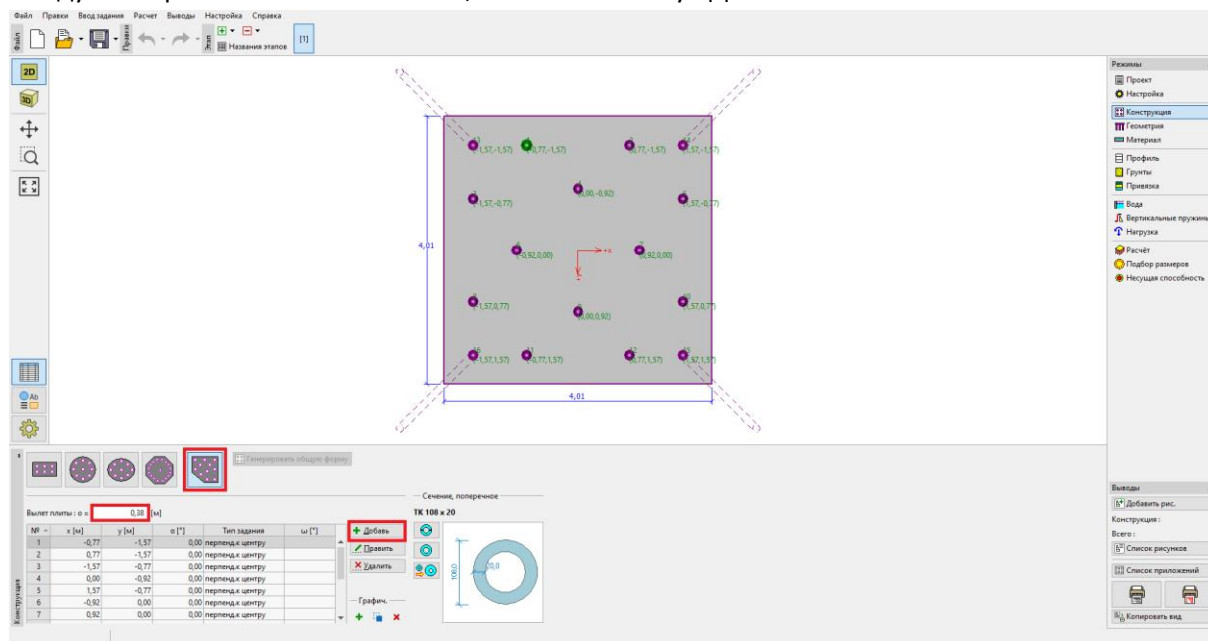
Диалоговое окно «Перечень настроек расчёта»

Следующий шаг – изменение типа расчёта на «Пружинный метод – микросваи». Будем считать соединение микросвай с оголовком сваи «жёстким». Последним шагом в этой вкладке является настройка «Модуля реакции основания», который будет описывать поведение микросвай в горизонтальном направлении. В данном случае рассматривается «Линейный» модуль реакции грунта (он будет рассчитываться по методу Боулза). Для получения дополнительной информации нажать Справку (F1).



Вкладка «Настройка»

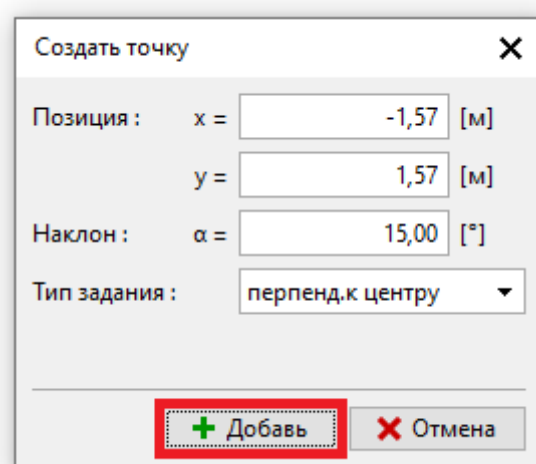
Во вкладке «Конструкция» выбрать опцию «общая форма» для вида сверху оголовка сваи. Будет установлено «вылет плиты» со значением « $a = 0.38 \text{ m}$ ». Теперь можно добавлять каждую микросваю согласно табл. 1, нажав на кнопку «Добавить».



Вкладка «Конструкция»

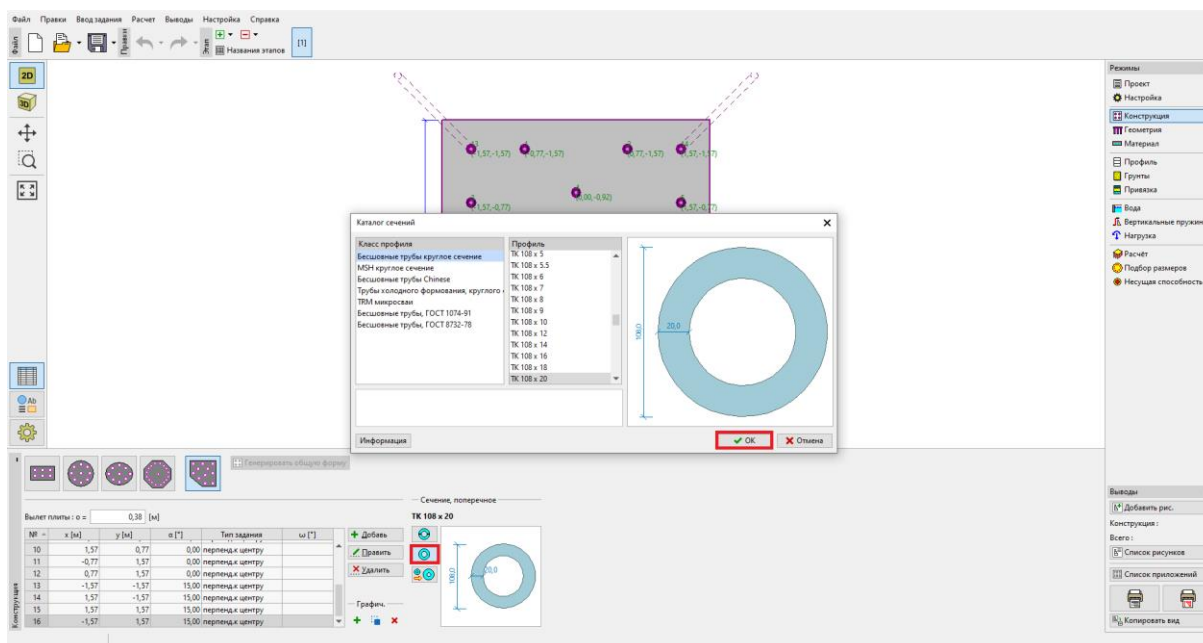
*Примечание: Вылет плиты «о» – это расстояние от внешнего края микросваи до края вертушки сваи.*

После нажатия на кнопку «Добавить» появится диалоговое окно «Создать точку». В этом окне ввести координаты  $x$  и  $y$  и наклон микросваи. Координаты и наклон каждой микросваи указаны в табл. 1. Новая микросвая будет добавлена при нажатии кнопки «добавить».



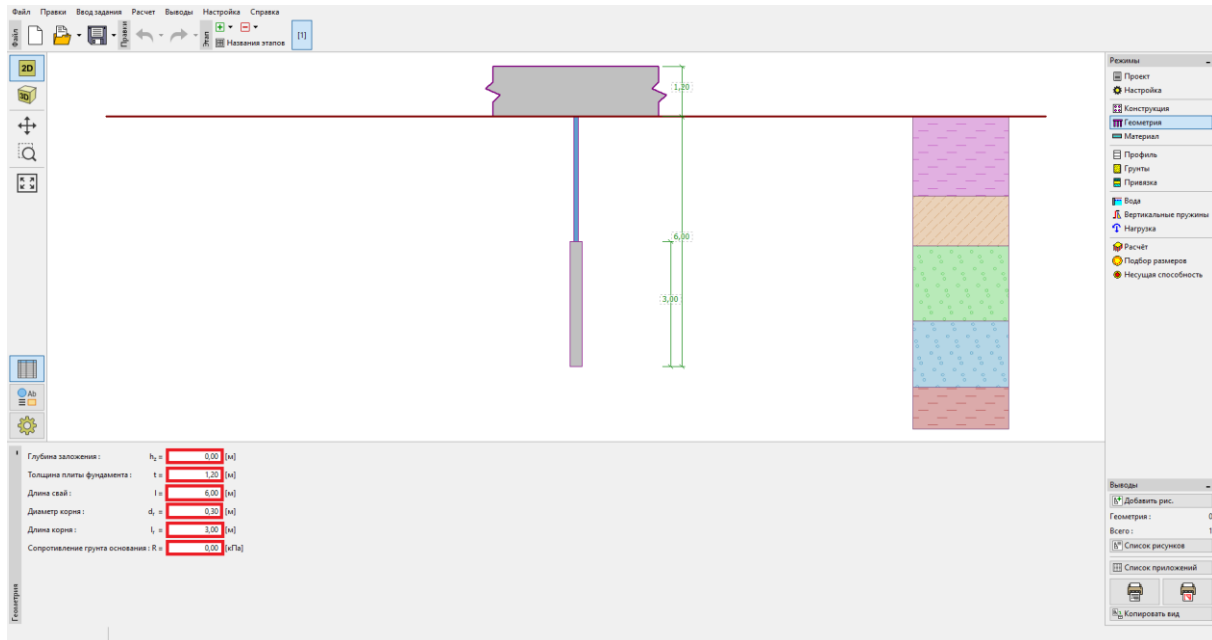
*Диалоговое окно «Создать точку» (микросвая №16)*

Сечение микросваи будет определено в «Каталоге сечений». В разделе «Класс профиля» выбираем «Труба бесшовная круглого сечения», а затем в разделе «Профиль» выбираем профиль ТК 108х20.



*Диалоговое окно «Каталог сечений»*

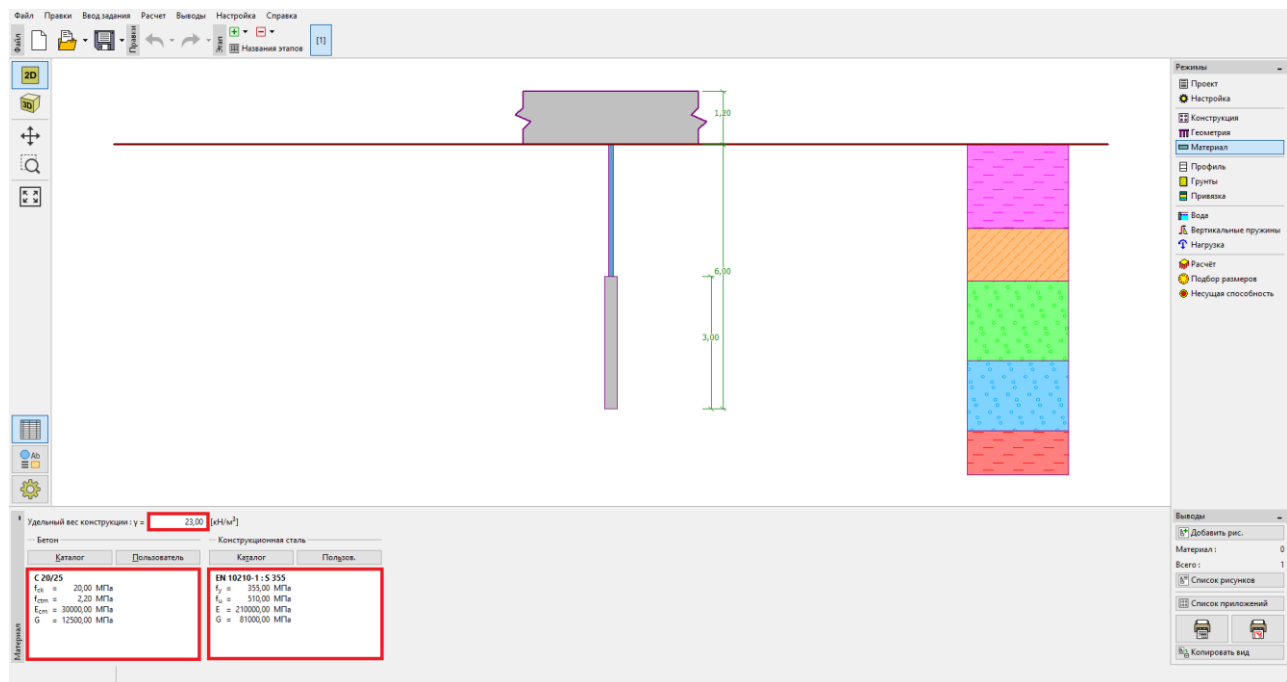
Во вкладке «Геометрия» будут определены «Глубина заложения = 0,00 м», «Толщина плиты фундамента  $t = 1,20$  м», «Длина свай  $l = 6,00$  м», «Диаметр корня  $d_r = 0,30$  м», «Длина корня  $l_r = 3,00$  м» и «Соппротивление грунта основания» но в данном случае оно не будет учитываться. Следовательно «Соппротивление грунта основания  $R = 0,00$  кПа».



Вкладка «Геометрия»

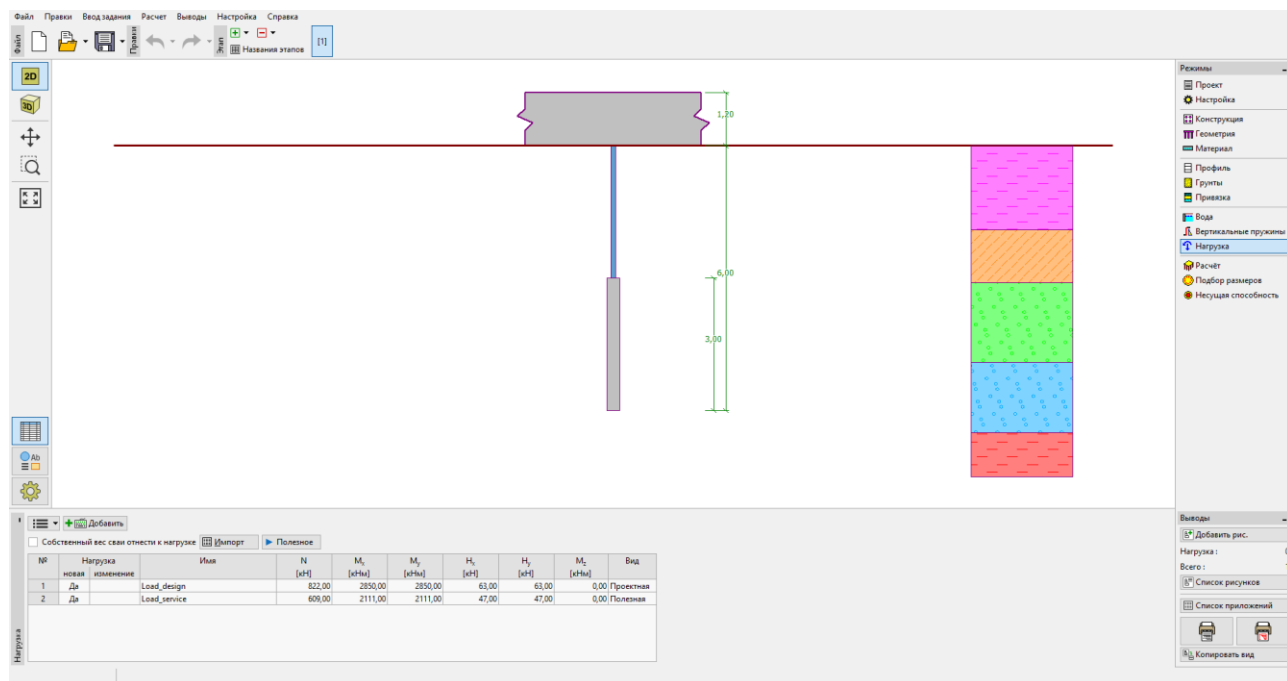
*Примечание. Соппротивление грунта фундамента очень важно и оказывает большое влияние на результаты расчёта. Величина сопротивления грунта основания зависит от типа грунта, процесса возведения сооружения (новое сооружение, реконструкция) и очередности нагружения. Сила  $N_R = A \cdot R$  во всех случаях вычитается из введенной нагрузки.*

Во вкладке «Материал» определяются свойства материала конструкции. Для оголовка сваи устанавливается определенный удельный вес ( $\gamma = 23.00$  кН/м<sup>3</sup>) и класс бетона C20/25 (для определения размеров) а для микросвай устанавливается класс конструкционной стали EN 10210 – 1: S355. Классы материалов для бетона и конструкционной становятся доступны при нажатии кнопки «Каталог».



Вкладка «Материал»

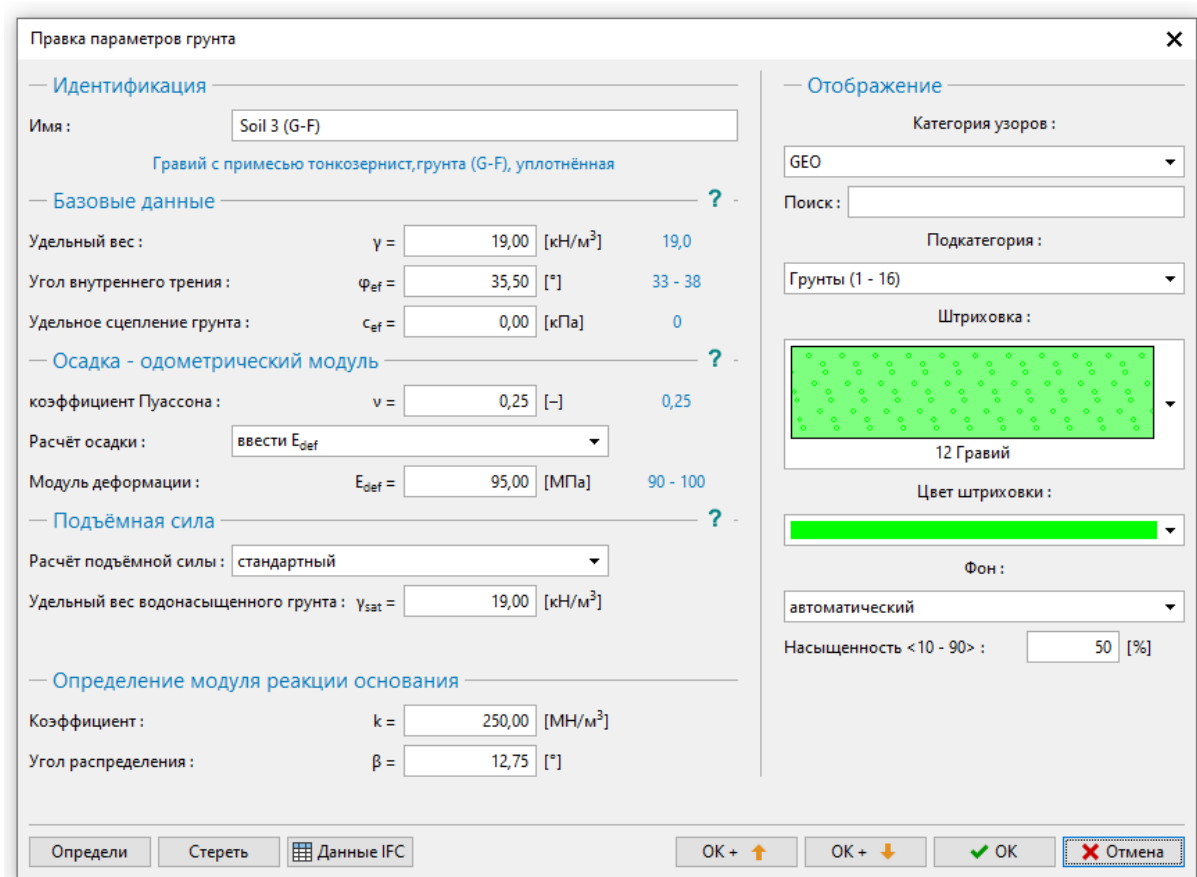
Во вкладке «Нагрузка» будут добавлены нагрузки. Значения эксплуатационной нагрузки приведены в табл. 3, а значения расчетной нагрузки показаны в табл. 4.



Вкладка «Нагрузка»

Геологический профиль определяется во вкладках «Профиль», «Грунты» и «Привязка». Во вкладке «Профиль» задаётся диапазон слоев геологического профиля. Во вкладке «Грунты» определяются грунты, и последний шаг выполняется во вкладке «Привязка», где грунты присваиваются различным слоям геологического профиля. Геологический профиль со свойствами каждого грунта представлен в Табл. 2.

В диалоговом окне «Добавление новых грунтов» необходимо ввести значения для «Определение модуля реакции грунта». Диапазон значений «Коэффициента  $k$ » и формула для определения «угла распределения  $\beta$ » показаны в Справке (F1), в теме «Линейный модуль реакции грунта».



Правка параметров грунта

Идентификация

Имя: Soil 3 (G-F)

Гравий с примесью тонкозернист,грунта (G-F), уплотнённая

Базовые данные

Удельный вес:  $\gamma = 19,00$  [кН/м<sup>3</sup>] 19,0

Угол внутреннего трения:  $\varphi_{ef} = 35,50$  [°] 33 - 38

Удельное сцепление грунта:  $c_{ef} = 0,00$  [кПа] 0

Осадка - одометрический модуль

коэффициент Пуассона:  $\nu = 0,25$  [-] 0,25

Расчёт осадки: ввести  $E_{def}$

Модуль деформации:  $E_{def} = 95,00$  [МПа] 90 - 100

Подъёмная сила

Расчёт подъёмной силы: стандартный

Удельный вес водонасыщенного грунта:  $\gamma_{sat} = 19,00$  [кН/м<sup>3</sup>]

Определение модуля реакции основания

Коэффициент:  $k = 250,00$  [МН/м<sup>3</sup>]

Угол распределения:  $\beta = 12,75$  [°]

Отображение

Категория узоров: GEO

Поиск:

Подкатегория: Грунты (1 - 16)

Штриховка:

12 Гравий

Цвет штриховки:

Фон:

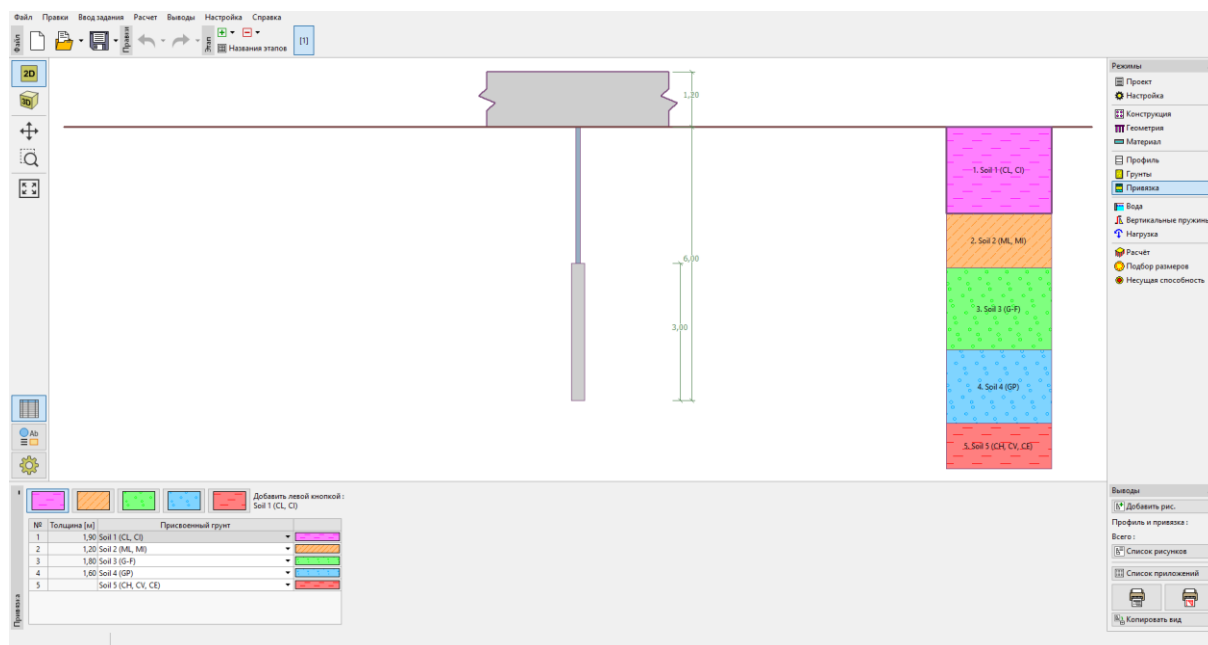
автоматический

Насыщенность < 10 - 90> : 50 [%]

Определить Стереть Данные IFC OK + ↑ OK + ↓ OK Отмена

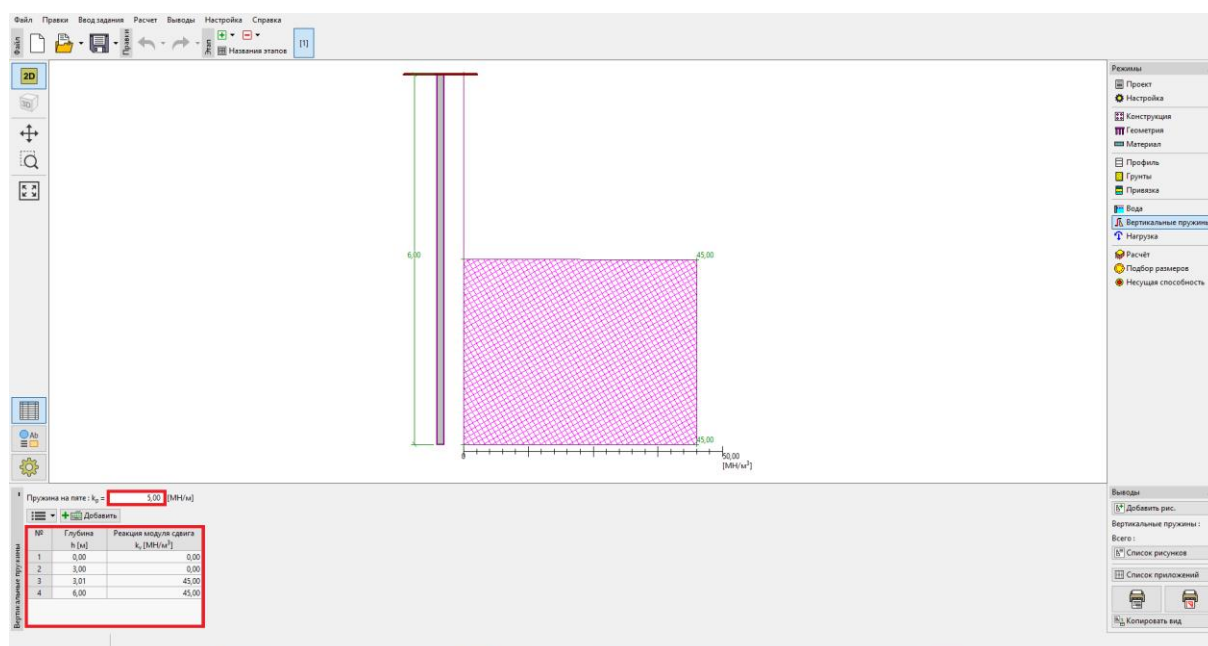
Диалоговое окно «Добавление новых грунтов»





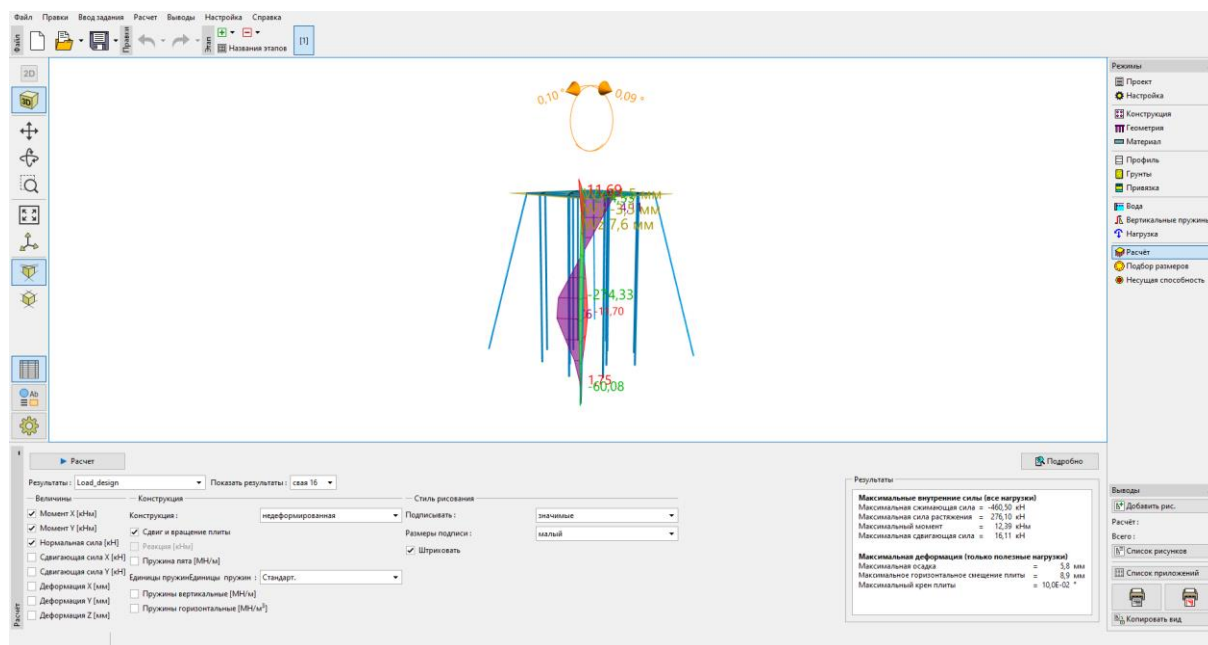
Вкладка «Привязка»

Во вкладке «Вертикальные пружины» задается поведение микросваи в вертикальном направлении. Нагрузка от микросваи передается на грунт через основание и внешнюю поверхность корня.



Вкладка «Вертикальные пружины»

Во вкладке «Расчёт» выполнен расчёт задачи. Результаты (внутренние силы, перемещения и т. д.) отображаются для одной или для всех микросвай. В правой части окна показаны результаты для максимальных внутренних сил (из всех вариантов нагрузки) и результаты для максимальных смещений (только из вариантов эксплуатационной нагрузки) всей конструкции. На рисунке ниже показаны результаты для микросвай № 16.

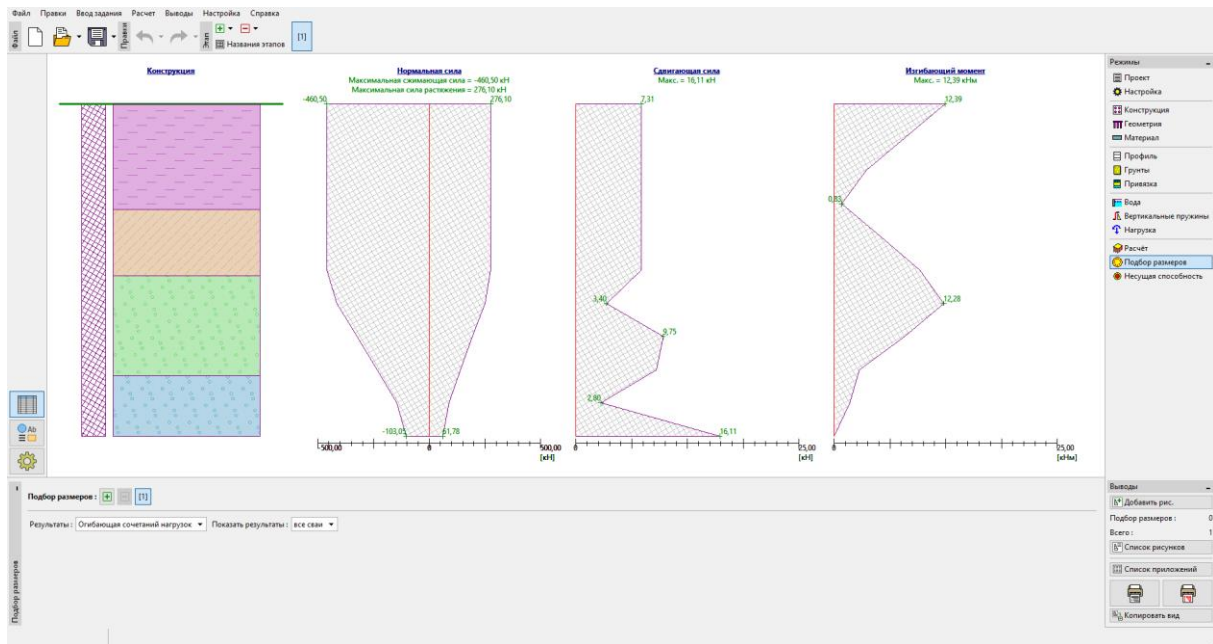


Вкладка «Расчёт»

Результаты расчёта для начальных настроек (для максимальной деформации) следующие:

- Максимальная осадка 5.8 mm
- Максимальное горизонтальное смещение оголовка 8.9 mm
- Максимальный поворот оголовка сваи 10.0E – 02 °

Во вкладке «Подбор размеров» показаны внутренние силы из выбранного варианта нагрузки или диапазона вариантов нагрузки. Результаты также могут быть показаны для любой сваи. Общие внутренние силы равны результирующим силам, рассчитанным по компонентам X и Y. На следующем рисунке показаны внутренние силы из диапазона вариантов нагрузки для всех микросвай.



Вкладка «Подбор размеров»

Для расчёта сечения микросваи и её корня необходимо открыть программу GEO5 – Микросвая, нажав на вкладку «Несущая способность». Все результаты и данные автоматически импортируются в эту программу.

Проверка стального сечения микросваи находится во вкладке «Проверка сечения». Результаты для самой загруженной микросваи рассчитываются автоматически. Коррозия в данном случае не рассматривается, поскольку микросвайный фундамент не является постоянной конструкцией. Граничные условия рассматриваются как **шарнирное – жёсткое**.

Проверка внутренней устойчивости:

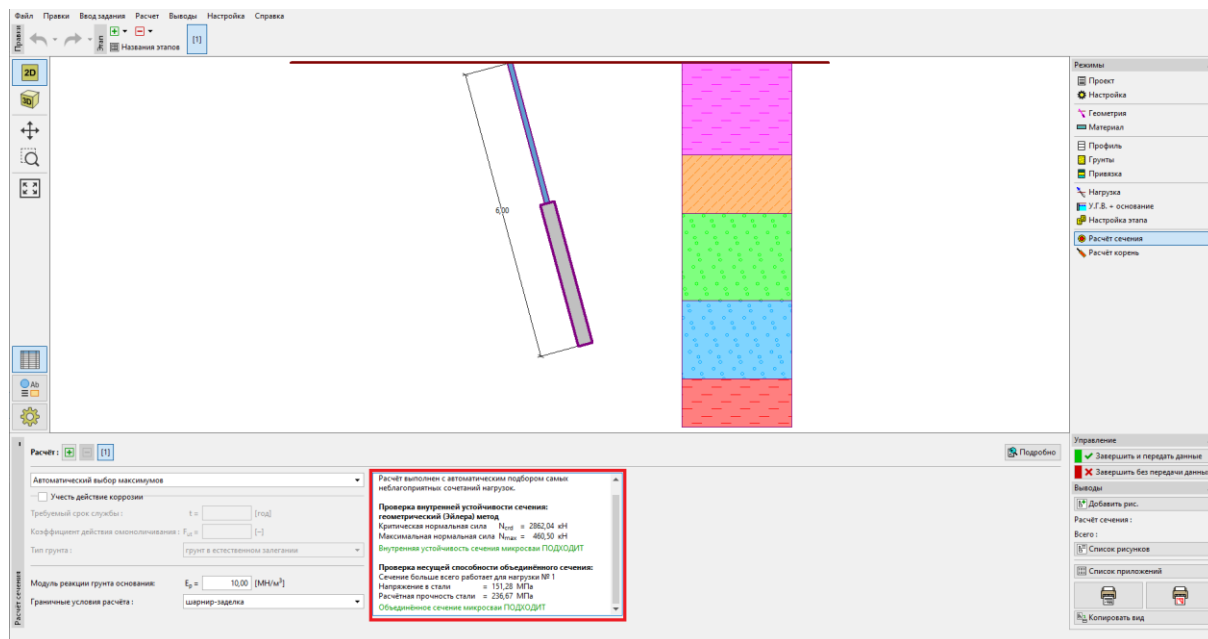
$$N_{crd} = 3646.39 \text{ кН} \geq N_{max} = 460,50 \text{ кН}$$

**Внутренняя устойчивость сечения микросвай ПОДХОДИТ**

Проверка несущей способности соединённых секций:

$$f_{y,d} = 236.67 \text{ МПа} \geq \sigma_s = 141.44 \text{ МПа}$$

**Соединённая секция микросвай ПОДХОДИТ**



Вкладка «Расчёт сечения»

Проверка несущей способности микросваи осуществляется во вкладке «Расчёт корня». Расчёт проводится в соответствии с теорией Лици, при этом среднее поверхностное трение принимается равным  $q_{sav}=350$  кПа.

Примечание: Метод расчёта для проверки несущей способности корня можно изменить во вкладке «Настройка», отредактировав настройку «Микросваи».

## Проверка сжатия микросваи:

$$R_s = 791.65 \text{ kN} \geq N_{max} \quad - \text{Сопротивление стержня}$$

$$R_d = 527.79 \text{ kN} \geq N_{max} \quad - \text{Несущая способность корня микросваи}$$

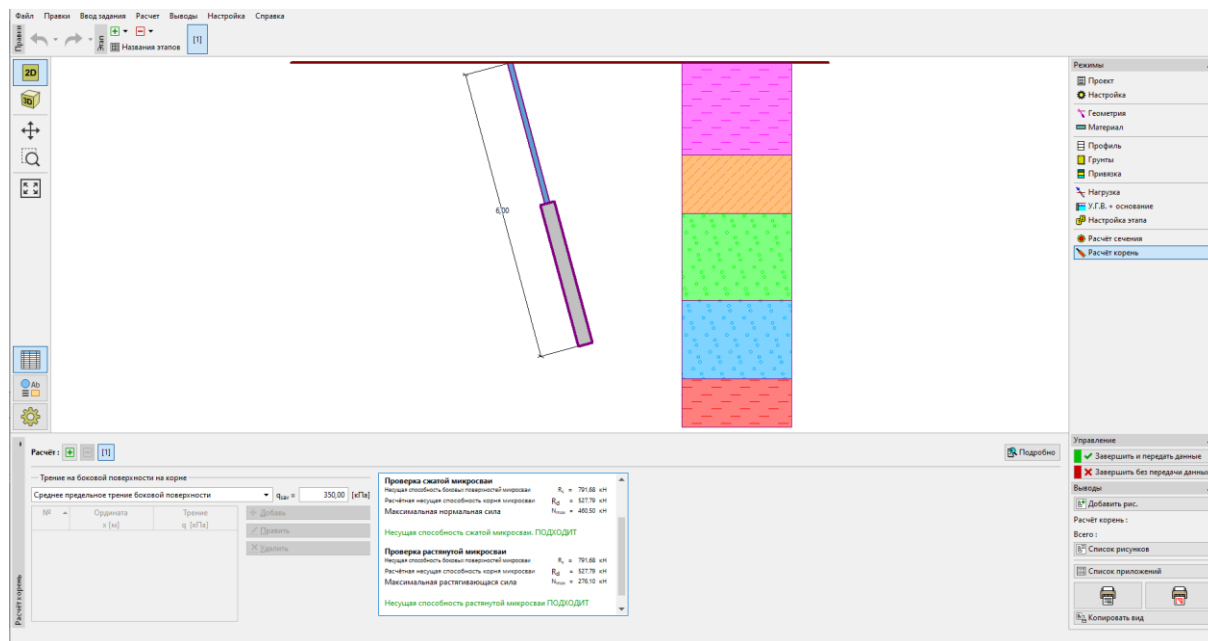
**Несущая способность микросваи на сжатие ПОДХОДИТ**

## Проверка растяжения микросваи:

$$R_s = 791.68 \text{ kN} \geq N_{max} \quad - \text{Сопротивление стержня}$$

$$R_d = 527.79 \text{ kN} \geq N_{max} \quad - \text{Несущая способность корня микросваи}$$

**Несущая способность микросваи на растяжение ПОДХОДИТ**



Вкладка «Расчёт корня»

Последний шаг — сохранение результатов, необходимо нажать кнопку «Выйти и сохранить», как показано на предыдущем рисунке.

### Заключение:

Значения максимальной осадки, максимальных горизонтальных смещений и поворота оголовка сваи находятся в пределах допустимых значений.

Конструкция микросваи ТК 108/20 из конструкционной стали EN 10210-1: S355 и её корень соответствуют требованиям EN 1997 – DA2.