

Расчет осадки одиночной сваи

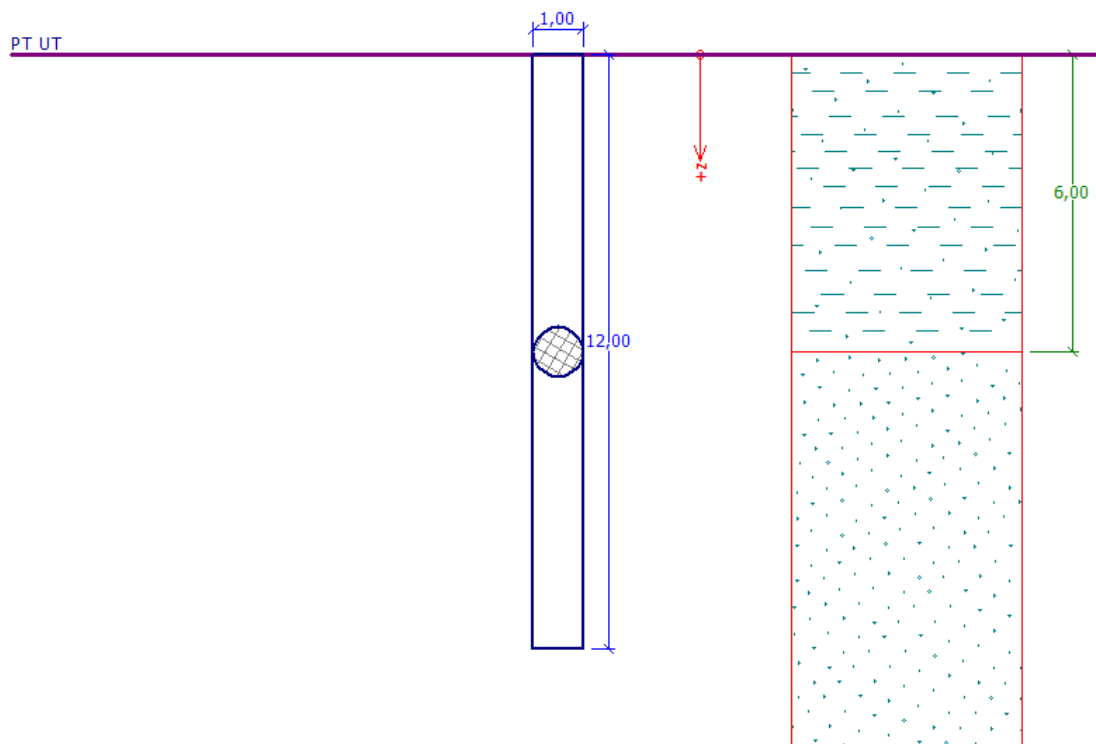
Программа: Сваи

Файл: Demo_manual_14.gpi

Целью данного инженерного руководства является объяснение процесса расчета осадки одиночной осадки в программе GEO5 – Сваи на примере практической задачи.

Постановка задачи

Общее описание задачи приведено в Инженерном руководстве №12. Свайные фундаменты – введение. Расчет осадки одиночной сваи будет проводиться на основании предыдущей задачи, описанной в Инженерном руководстве №13. Расчет вертикальной несущей способности одиночной сваи.



Расчетная схема задачи – одиночная свая

Решение

Для проведения расчета будет использоваться программа GEO5 – Сваи. В тексте ниже представлено пошаговое решение задачи.

В данном расчете осадка одиночной сваи будет рассчитываться следующими методами:

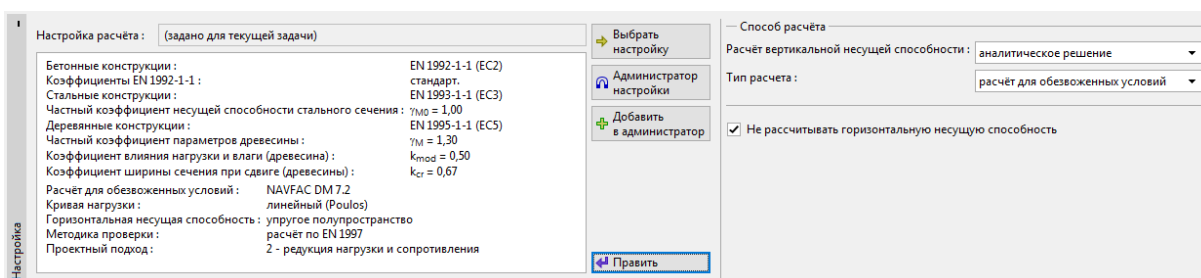
- Теория линейного деформирования (по проф. **Poulos**)
- Теория нелинейного деформирования (по **Masopust**)

Линейная зависимость нагрузки (решение в соответствии с Poulos) определяется по результатам расчета вертикальной несущей способности сваи. Основными вводимыми параметрами являются **несущая способность по боковой поверхности и под нижним концом** - R_s и R_b . Эти значения получены из предыдущего расчета вертикальной несущей способности различными методами (NAVFAC DM 7.2, Эффективных напряжений, CSN 73 1002 или Tomlinson).

Нелинейная зависимость нагрузки (решение в соответствии с Masopust) основана на так называемых **коэффициентах регрессии**. Результат расчета, таким образом, не зависит от метода расчета несущей способности и даже может использоваться для определения несущей способности одиночной сваи в случаях, если при этом наблюдается допустимая осадка (обычно 25 мм).

Ввод исходных данных: теория линейного деформирования (POULOS)

В программе «Сваи» следует открыть файл из руководства № 13. Во вкладке «Настройка» все настройки остаются без изменений – будет использовать метод расчета «Standard – EN 1997 – DA2», такой же, как и в предыдущей задаче. Расчет несущей способности выполнен по методу NAVFAC DM 7.2. Так же следует отметить опцию «Не рассчитывать горизонтальную несущую способность». Линейная кривая нагрузки (Poulos) для данного расчета уже задана.



Вкладка «Настройка»

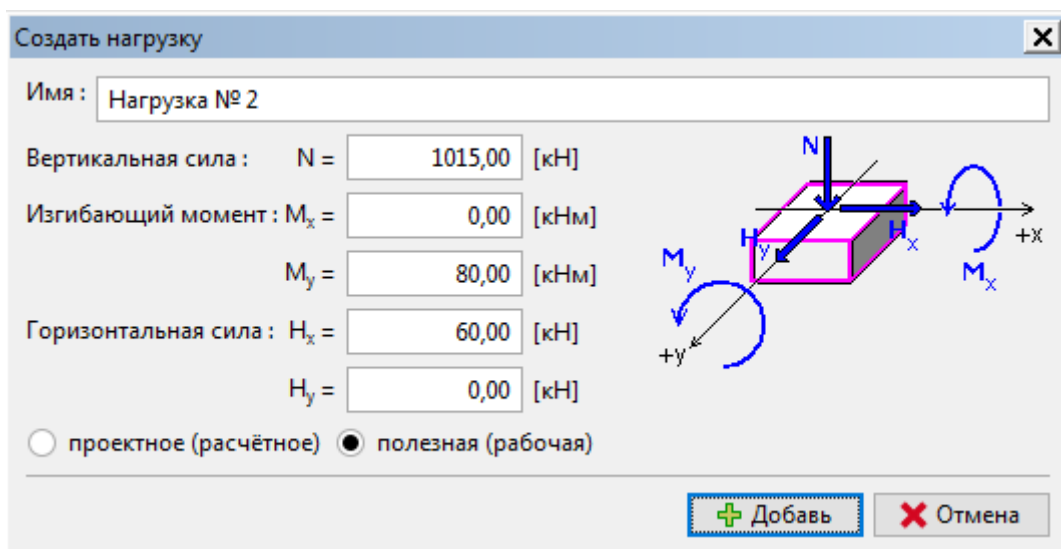
Примечание: Расчет по кривой нагрузки основан на теории упругости. Основание описывается модулем деформации E_{def} и коэффициентом Пуассона ν .

На следующем этапе следует перейти во вкладку «Грунты» и проверить значения деформационных параметров, необходимых для расчета осадки, то есть одометрического модуля деформации E_{oed} , либо модуля деформации E_{def} и коэффициента Пуассона ν .

Грунт (классификация) (Soil classification)	Удельный вес γ [кН/м ³]	Угол внутреннего трения φ_{ef}/φ_u [°]	Удельное сцепление c_{ef}/c_u [кПа]	Коэффициент Пуассона ν [-]	Одометрический модуль деформации E_{oed} [МПа]
Суглинок твердой консистенции (CS)	18,5	-/0,0	-/50,0	0,35	8,0
Песок средней крупности (S-F) средней плотности	17,5	29,5	0,0	0,30	21,0

Таблица параметров грунта – осадка одиночной сваи

Далее во вкладке «Нагрузка» следует указать нормативную (рабочую) нагрузку для расчета осадки сваи. Нажмите кнопку «Добавить» и укажите новую нагрузку с параметрами, показанными на рисунке ниже.

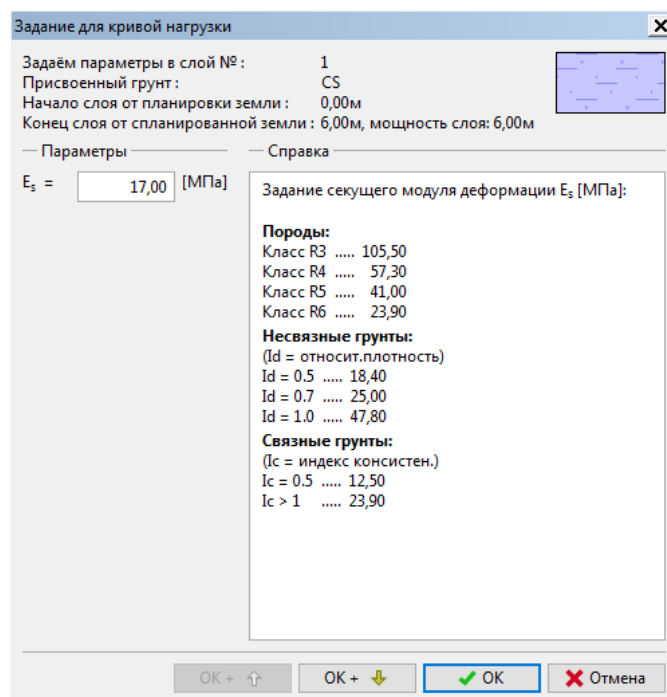


Диалоговое окно «Создать нагрузку»

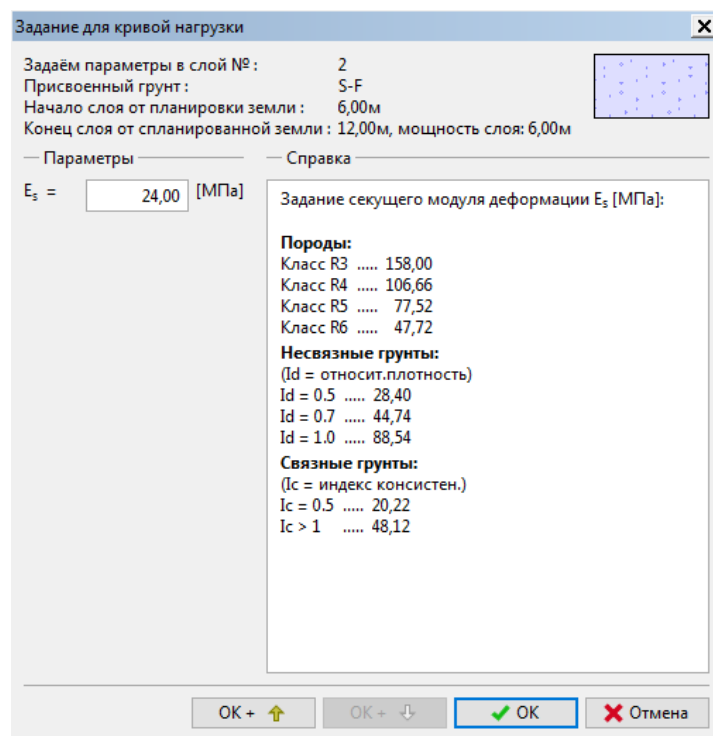
Все прочие вкладки остаются без изменений. Теперь можно продолжить расчет осадки во вкладке «Осадка».

Во вкладке «Осадка» следует указать секущий модуль деформации E_s [МПа] для каждой разновидности грунта с помощью кнопки «Правка E_s ».

Для первого слоя *связного грунта* (CS) задается значение секущего модуля $E_s \approx 17,0$ МПа. Для второго слоя *несвязного грунта* (S-F) принимается значение $E_s \approx 24,0$ МПа.



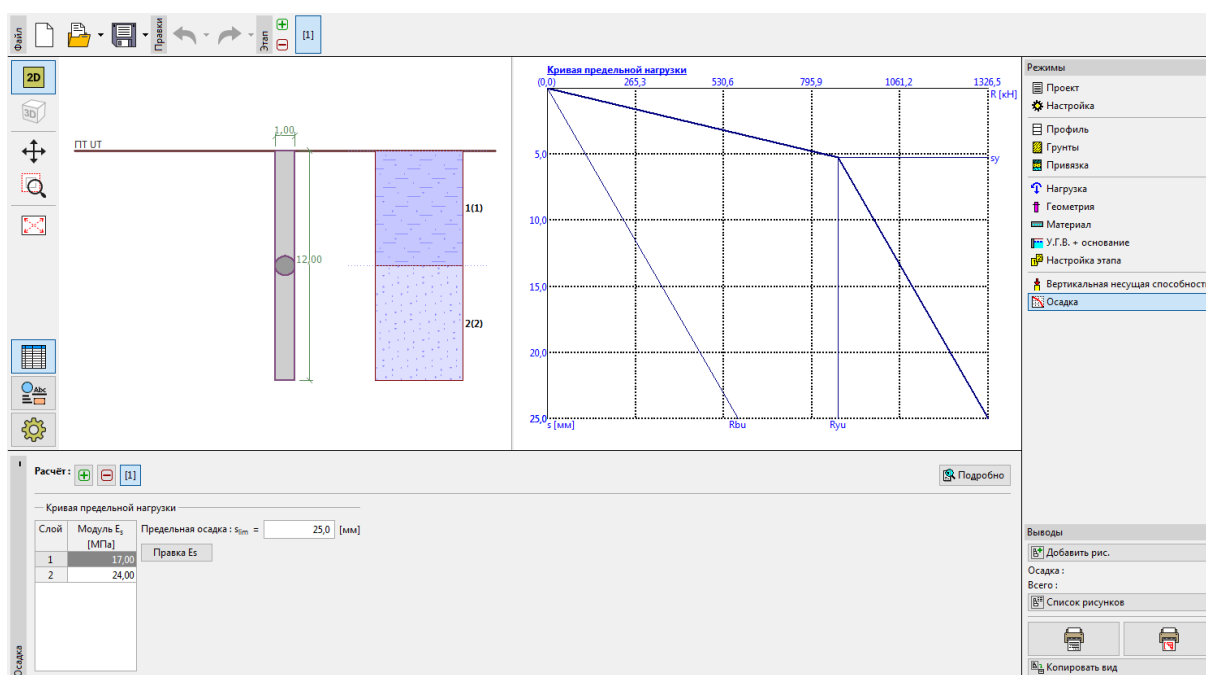
Диалоговое окно «Задание для кривой нагрузки – секущий модуль деформации E_s » – грунт CS



Диалоговое окно «Задание для кривой нагрузки – секущий модуль деформации E_s » – грунт S-F

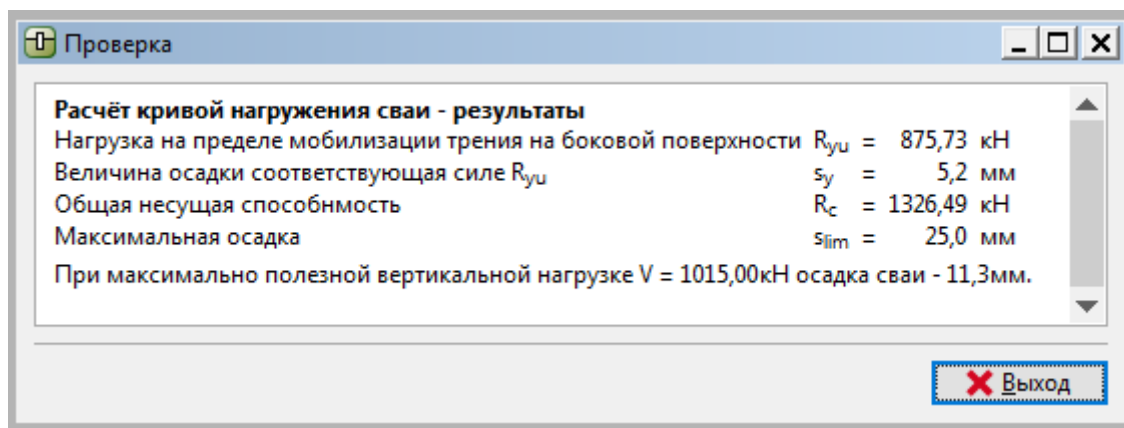
Примечание: Секущий модуль деформации E_s зависит от диаметра сваи и толщины каждого из слоев грунта. Значения данного модуля должны определяться по результатам полевых испытаний. Его величина для несвязных и связных грунтов также зависит от относительной плотности I_d , либо числа текучести I_c , соответственно.

Далее следует установить предельную осадку – предельное значение, до которого рассчитывается кривая нагрузки. В данной задаче значение предельной осадки принимается 25 мм.



Вкладка «Осадка» - линейная кривая нагрузки (решение по Poulos)

Далее нажатием на кнопку «Подробнее» можно открыть диалоговое окно и увидеть значение осадки, рассчитанное для максимальной нормативной (рабочей) нагрузки.

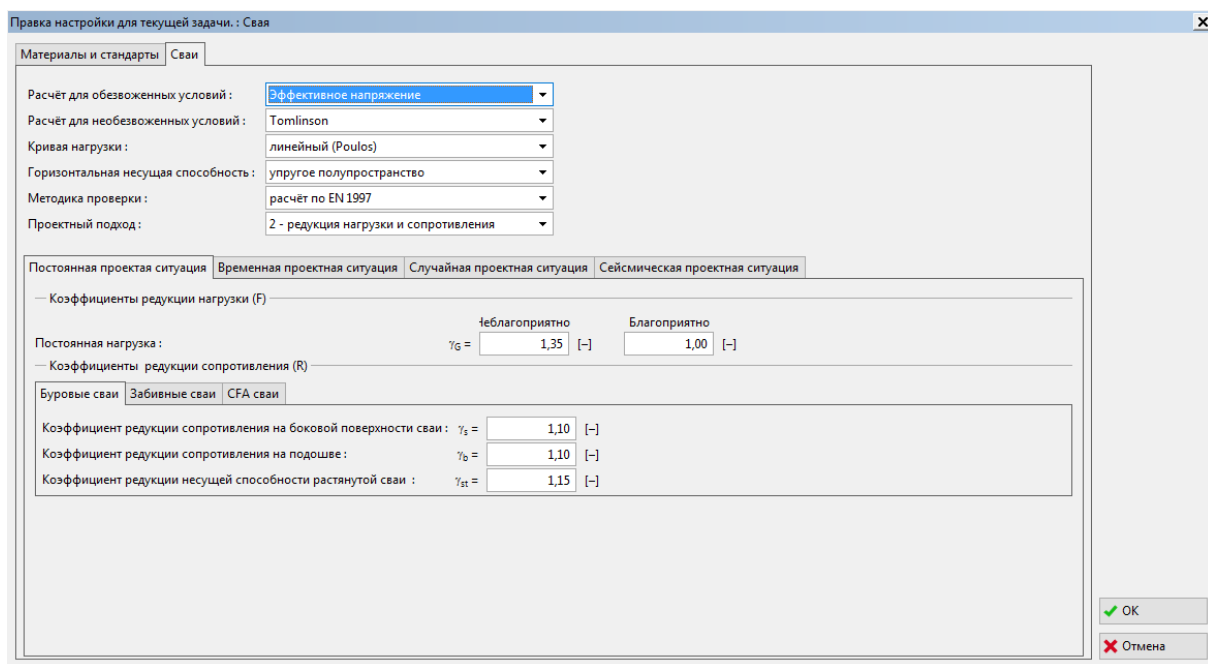


Результат расчета осадки

Для расчета вертикальной несущей способности по методу **NAVFAC DM 7.2**, осадка одиночной сваи составила **11,3 мм**.

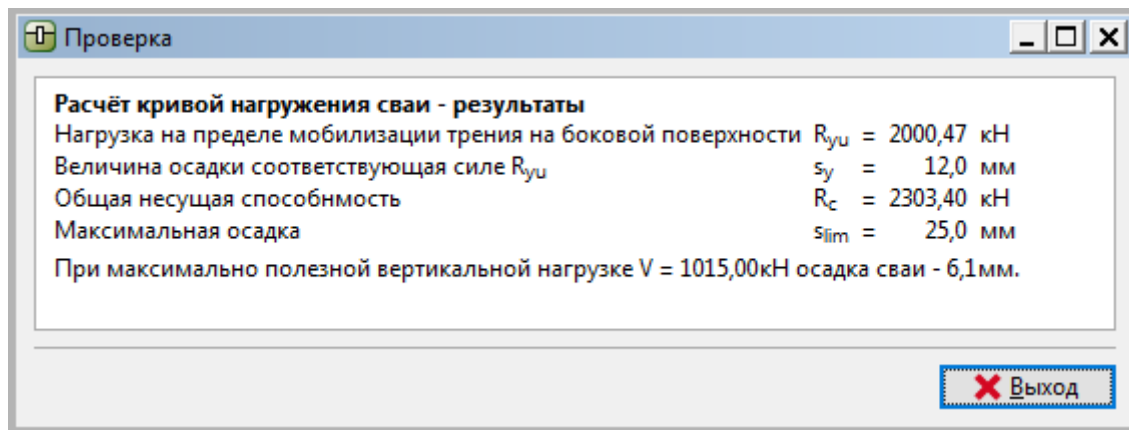
Расчет осадки одиночной сваи: теория линейного деформирования (POULOS), прочие методы

Следует вернуться к настройкам расчета. Во вкладке «Настройка» нажмите кнопку «Править». Во вкладке «Сваи» для расчета в дренированном режиме следует установить опцию «Эффективное напряжение» и, позднее, опцию «CSN 73 1002» для следующего расчета. Прочие исходные параметры остаются без изменений.



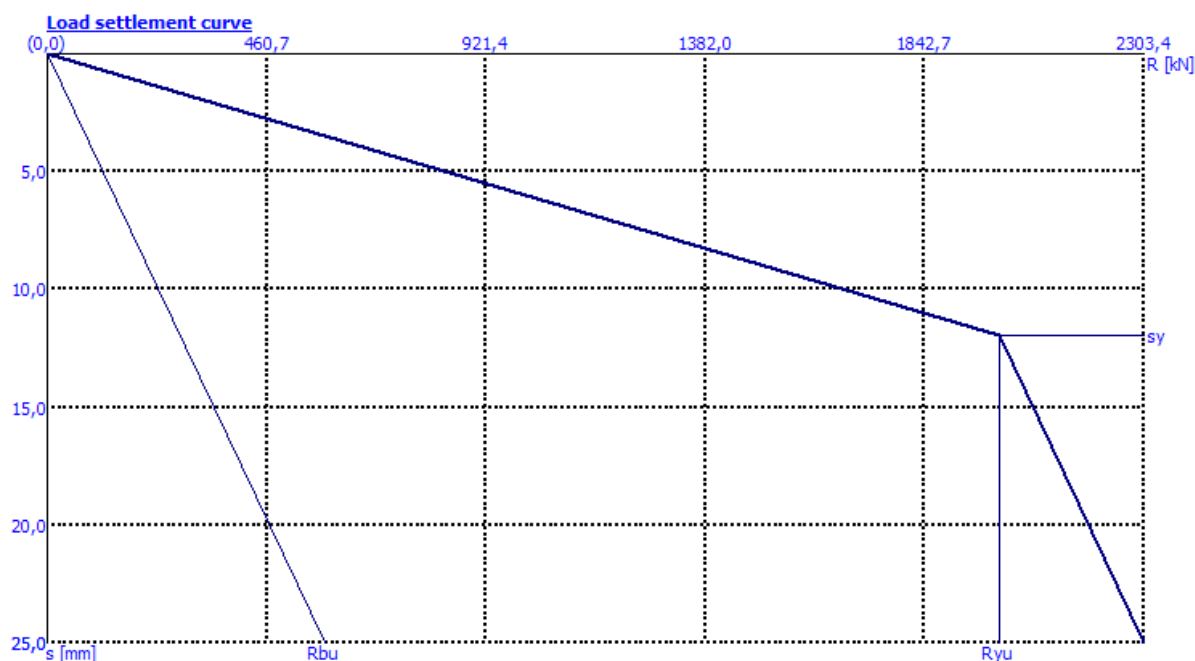
Диалоговое окно «Правка настройки для текущей задачи»

Далее следует перейти во вкладку «Осадка» и просмотреть результаты. Величина предельно допустимой осадки s_{lim} , тип сваи и секущий модуль деформации E_s остаются теми же, что использовались в предыдущем расчете.



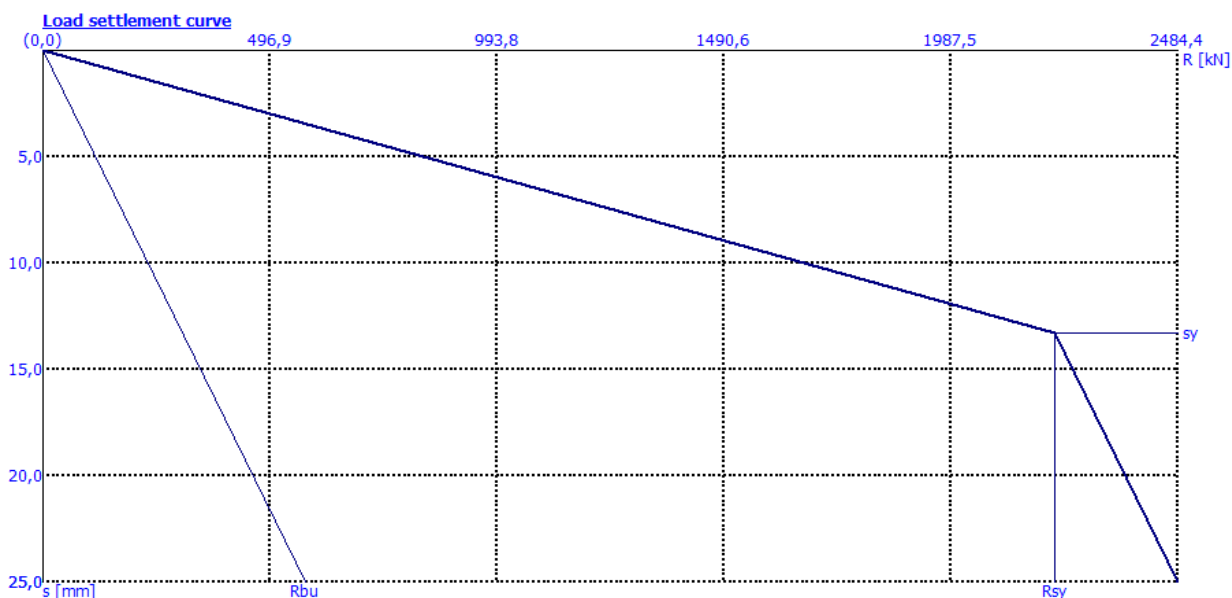
Диалоговое окно «Проверка» - результат расчета методом эффективных напряжений

Для расчета вертикальной несущей способности по методу Эффективных напряжений осадка одиночной сваи составила **6,1 мм**.



Вкладка «Осадка» - линейная кривая нагрузки (по Poulos) для метода эффективных напряжений

Для расчета вертикальной несущей способности по методу **CSN 73 1002** осадка одиночной сваи составила **6,1 мм**.



Вкладка «Осадка» - линейная кривая нагрузки (по Poulos) для метода CSN 73 1002

Результаты расчета осадки одиночной сваи по теории линейного деформирования (**Poulos**) в зависимости от метода расчета вертикальной несущей способности представлены в таблице:

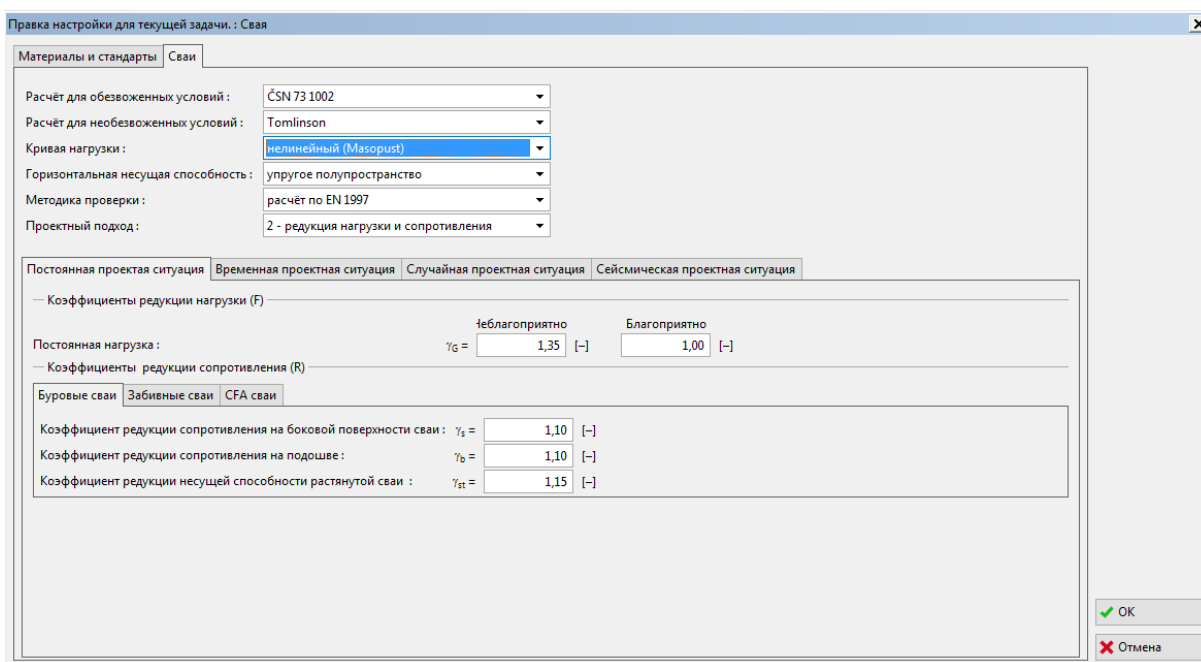
Метода линейной нагрузки	расчета кривой	Нагрузка в момент мобилизации трения по боковой поверхности R_{yu} [кН]	Общая несущая способность R_c [кН] при $s_{lim} = 25,0$ мм	Осадка одиночной сваи s [мм]
NAVFAC DM 7.2		875,73	1326,49	11,3
Эффективные напряжения		2000,47	2303,4	6,1
CSN 73 1002		2215,89	2484,40	6,1

Сводная таблица результатов – осадка одиночной сваи по методу Poulos

Расчет осадки одиночной сваи: теория нелинейного деформирования (MASOPUST)

Данное решение не зависит от результатов предыдущих расчетов вертикальной несущей способности сваи. Метод основан на решении уравнений регрессионной кривой, полученных по результатам статических испытаний свай. Метод используется в основном в Чехии и Словакии. Он позволяет получить надежный консервативный результат для любых местных инженерно-геологических условий.

Во вкладке «Настройка» следует нажать кнопку «Править». Во вкладке «Сваи» следует выбрать метод «нелинейный (Masopust)» для кривой нагрузки.

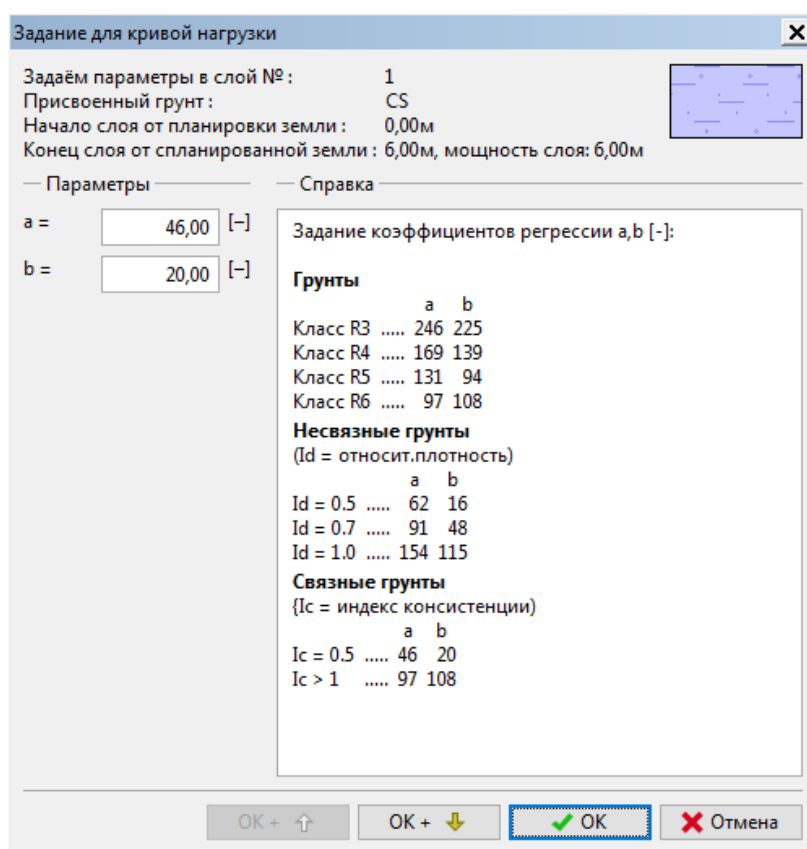


Диалоговое окно «Правка настройки для текущей задачи»

Прочие параметры остаются без изменений. Далее следует перейти во вкладку «Осадка».

Для расчета по нелинейной кривой нагрузки используется значение нормативной (рабочей) нагрузки, так как данный анализ относится в предельному состоянию по эксплуатационной пригодности. Коэффициент защиты ствола скважины остается равным $m_2 = 1,0$. Это означает, что итоговое значение вертикальной несущей способности сваи не будет снижаться в зависимости от технологии ее устройства. Значения предельно допустимой (максимальной) осадки s_{lim} и секущего модуля деформации E_s остаются без изменений по отношению к предыдущим расчетам.

Далее следует указать значения коэффициентов регрессии с помощью кнопок «Правка a, b» и «Правка e, f», как показано на рисунках ниже. Рекомендуемые значения регрессионных коэффициентов для различных разновидностей скальных и дисперсных грунтов представлены на той же вкладке в поле «Справка».



Задание для кривой нагрузки

Задаём параметры в слой №: 1
 Присвоенный грунт: CS
 Начало слоя от планировки земли: 0,00м
 Конец слоя от спланированной земли: 6,00м, мощность слоя: 6,00м

— Параметры — Справка

a = 46,00 [-]
 b = 20,00 [-]

Задание коэффициентов регрессии a, b [-]:

Грунты

	a	b
Класс R3	246	225
Класс R4	169	139
Класс R5	131	94
Класс R6	97	108

Несвязные грунты
 (Id = относит.плотность)

	a	b
Id = 0.5	62	16
Id = 0.7	91	48
Id = 1.0	154	115

Связные грунты
 {Ic = индекс консистенции)

	a	b
Ic = 0.5	46	20
Ic > 1	97	108

OK + ↑ OK + ↓ OK Отмена

Диалоговое окно «Задание для кривой нагрузки – регрессионные коэффициенты a, b» - грунт CS

Задание для кривой нагрузки

Задаём параметры в слой №: 2
 Присвоенный грунт: S-F
 Начало слоя от планировки земли: 6,00м
 Конец слоя от спланированной земли: 12,00м, мощность слоя: 6,00м

— Параметры — Справка

a = 62,00 [-]
 b = 16,00 [-]

Задание коэффициентов регрессии a, b [-]:

Грунты

	a	b
Класс R3	246	225
Класс R4	169	139
Класс R5	131	94
Класс R6	97	108

Несвязные грунты
 (Id = относит.плотность)

	a	b
Id = 0.5	62	16
Id = 0.7	91	48
Id = 1.0	154	115

Связные грунты
 (Ic = индекс консистенции)

	a	b
Ic = 0.5	46	20
Ic > 1	97	108

OK + ↑ OK + ↓ OK Отмена

Диалоговое окно «Задание для кривой нагрузки – регрессионные коэффициенты a, b» – грунт S-F

Задание для кривой нагрузки

Ввод параметра под пята сваи
 Начало слоя от планировки земли: 12,00м
 Конец слоя от спланированной земли: -

— Параметры — Справка

e = 268,00 [-]
 f = 175,00 [-]

Задание коэффициентов регрессии e, f [-]:

Грунты:

	e	f
Класс R3	2840	1298
Класс R4	1616	1155
Класс R5	957	704
Класс R6	988	1084

Несвязные грунты
 (Id = относит.плотность)

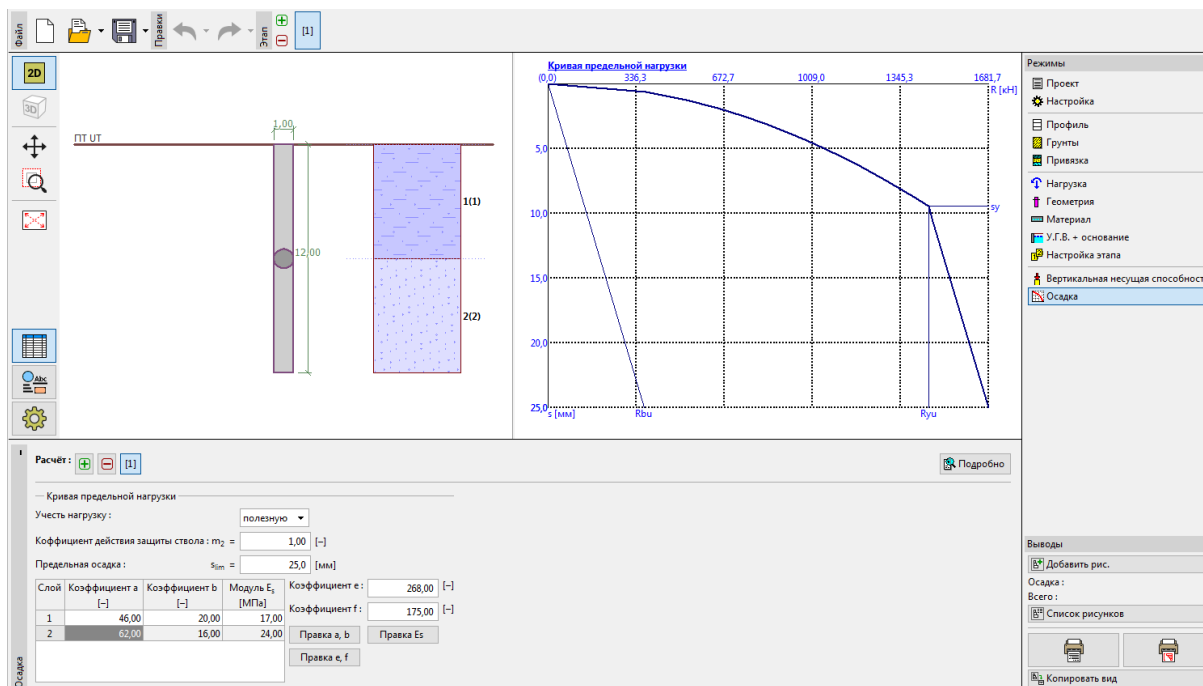
	e	f
Id = 0.5	268	175
Id = 0.7	490	445
Id = 1.0	1596	1400

Связные грунты
 (Ic = индекс консистен.)

	e	f
Ic = 0.5	198	150
Ic > 1	988	1084

OK Отмена

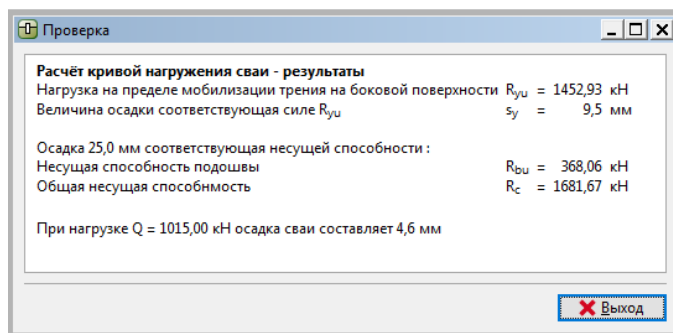
Диалоговое окно «Задание для кривой нагрузки – регрессионные коэффициенты e, f»



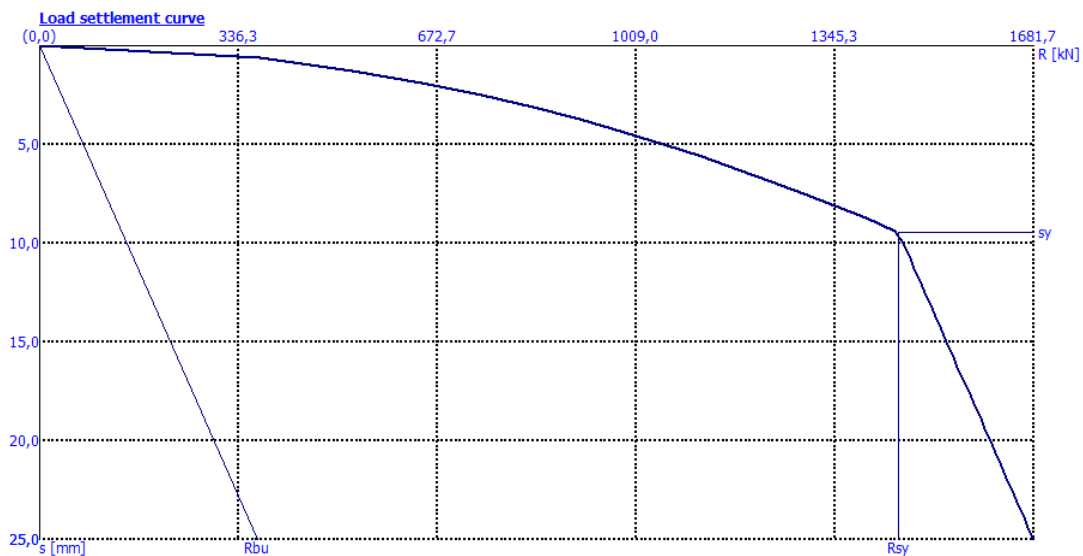
Вкладка «Осадка» - решение по теории нелинейного деформирования (Masopust)

Примечание: Удельное трение по боковой поверхности зависит от регрессионных коэффициентов «a, b». Напряжение под острием сваи (при полностью мобилизованном боковом трении) зависит от регрессионных коэффициентов «e, f». Значение данных регрессионных коэффициентов получены из уравнений регрессионной кривой, определенной на основании статистического анализа результатов 350 статических испытаний свай в Чехии и Словакии (более подробная информация представлена в разделе «Справка» - F1). Для несвязных и связных грунтов эти значения зависят от относительной плотности I_d , и числа текучести I_c , соответственно (более подробная информация представлена в разделе «Справка» - F1).

Осадка сваи под действием нормативной (рабочей) нагрузки составляет $s = 4,6$ мм.



Результат расчета осадки – нелинейная кривая нагрузки



Вкладка «Осадка» - нелинейная кривая нагрузки (по Masopust)

Примечание: Данный метод так же используется для расчета несущей способности сваи, в этом случае программа определяет несущую способность сваи при достижении предельной осадки (обычно 25 мм).

Общая несущая способность при s_{lim} : $R_c = 1681,67 \text{ кН} > V_d = 1015,0 \text{ кН}$

ПОДХОДИТ

Заключение

В результате расчета определена осадка сваи под действием нормативной (рабочей) нагрузки в диапазоне от 4,6 до 11,3 мм, в зависимости от используемого метода. Данное значение меньше, чем предельно допустима осадка – следовательно, свая удовлетворяет требованиям второго предельного состояния.