

Проверка шпунтовой стенки с одним рядом анкеров

Программа: Ограждение котлованов - Анализ

Файл: Demo_manual_06.gp2

В данном руководстве показано выполнение проверки шпунтовой стены: ее размеров, устойчивости анкеров и общей устойчивости сооружения.

Постановка задачи

Проверка будет выполняться для подпорной стенки, запроектированной в инженерном руководстве № 5.

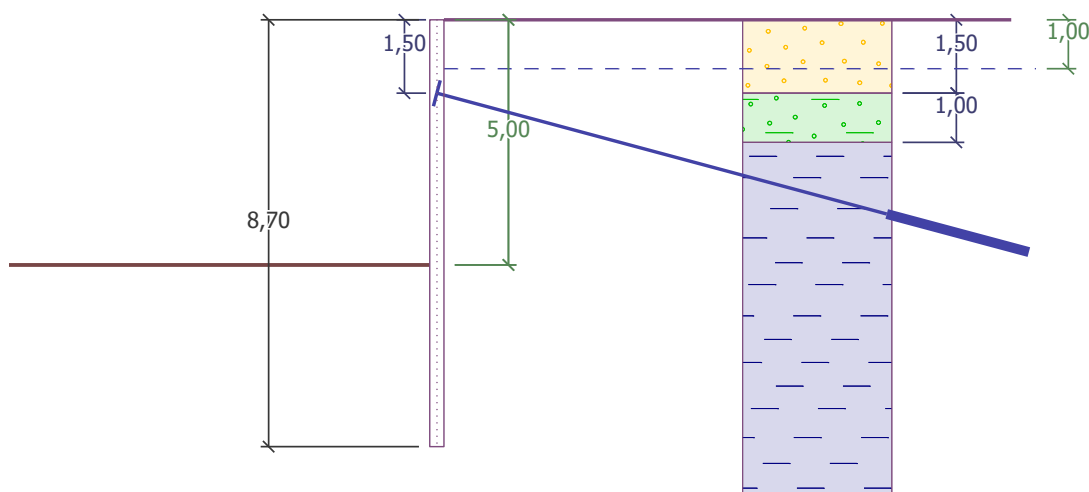


Схема анкерной шпунтовой стенки - постановка задачи

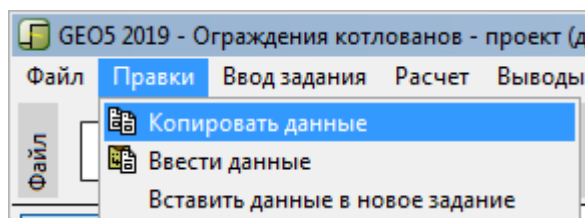
Решение:

Для решения задачи будет использоваться программа “Ограждение котлованов - Анализ”. В данном руководстве решение задачи рассматривается пошагово:

- Этап проектирования 1: разработка котлована до отметки 2,5 м, геометрия подпорной стены,
- Этап проектирования 2: устройство грунтовых анкеров,
- Этап проектирования 3: разработка котлована до отметки 5,0 м,
- Проверка устойчивости анкеров, общей устойчивости сооружения и определения размеров стальной секции (шпунтовой сваи).

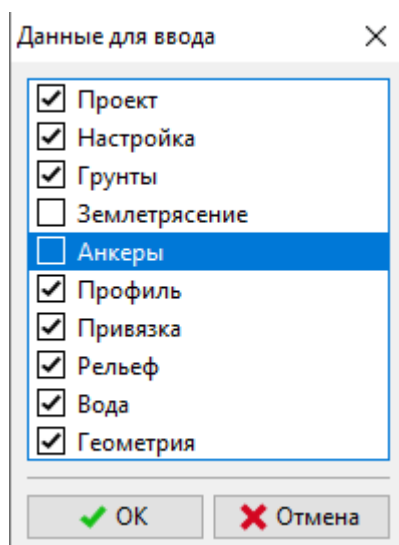
Этап проектирования 1

Для упрощения работы данные могут быть скопированы из предыдущей задачи, где проектирование шпунтовой стенки выполнялось в программе "Ограждение котлована - Проект". Вначале, в программе "Ограждение котлована - Проект" необходимо выбрать пункт меню "Правки" в верхней панели и выбрать "Копировать данные".



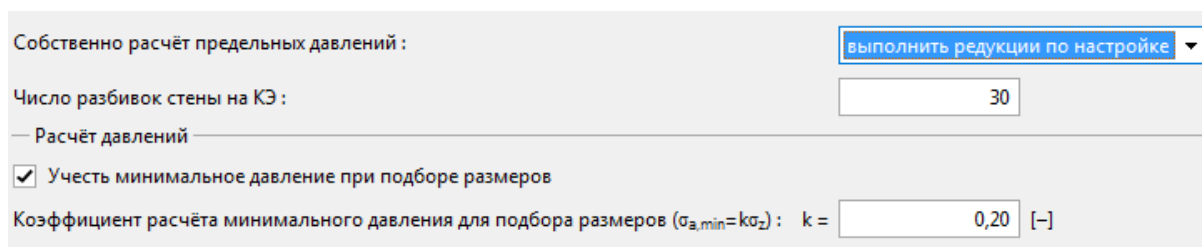
Диалоговое окно "Правки - Копировать данные"

Далее необходимо перейти в программу "Ограждение котлованов - Анализ", выбрать пункт меню "Правки" в верхней панели и выбрать "Ввести данные". В данном примере не будут копироваться все данные, так как параметры анкеров будут вводиться вручную на втором этапе. Теперь, когда большая часть данных из предыдущей задачи скопирована в программу, дополнительного ввода данных не требуется.



Диалоговое окно "Данные для ввода"

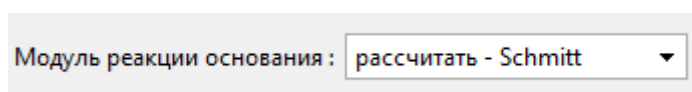
Во вкладке "Настройка" необходимо нажать кнопку "Выбрать настройку" и установить настройку № 5 "Standard – EN 1997, DA3". Далее следует выбрать режим расчета давлений "Выполнить редукции по настройке". Значение коэффициента для минимального давления при расчете размеров конструкции остается равным $k = 0,2$, а количество конечных элементов (КЭ) устанавливается равным 30.



Вкладка "Настройка" (Расчет давлений)

Примечание: выбор варианта "Расчет предельных давлений - не уменьшать" активирует расчет предельных давлений (активных и пассивных) без снижения входных параметров с использованием частных коэффициентов. Этот вариант лучше соотносится с реальным поведением сооружения, однако не соответствует требованиям EN 1997-1 Standard (более подробная информация представлена в Справке – F1).

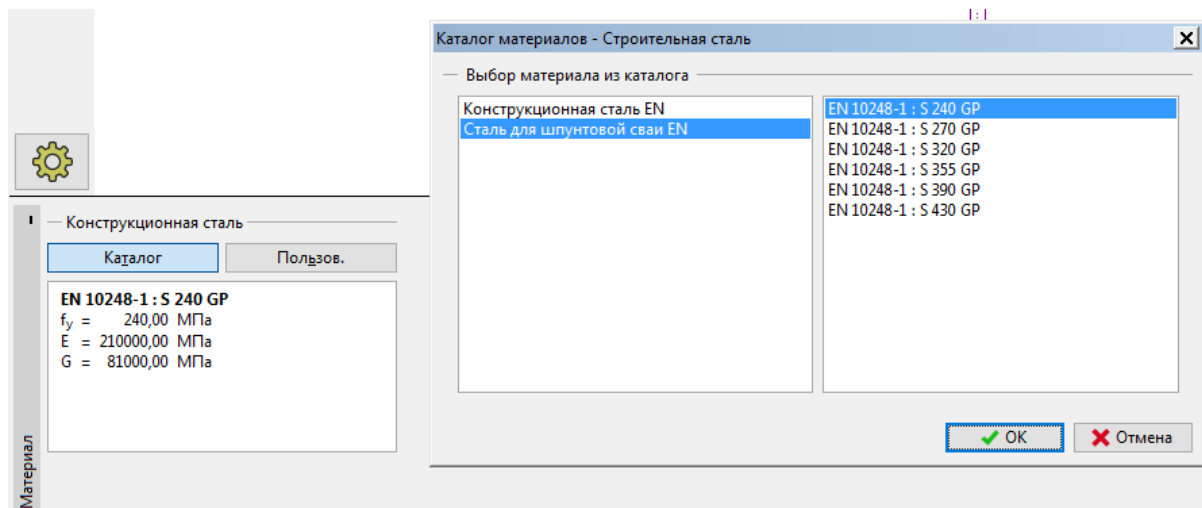
Далее следует перейти во вкладку "Модуль k_h ", и выбрать опцию "рассчитать - Schmitt". Этот метод определения жесткости подстилающего грунта – модуля реакции основания (коэффициента постели), учитывает одометрический модуль деформации и жесткость конструкции (более подробная информация представлена в Справке – F1).



Вкладка "Модуль k_h "

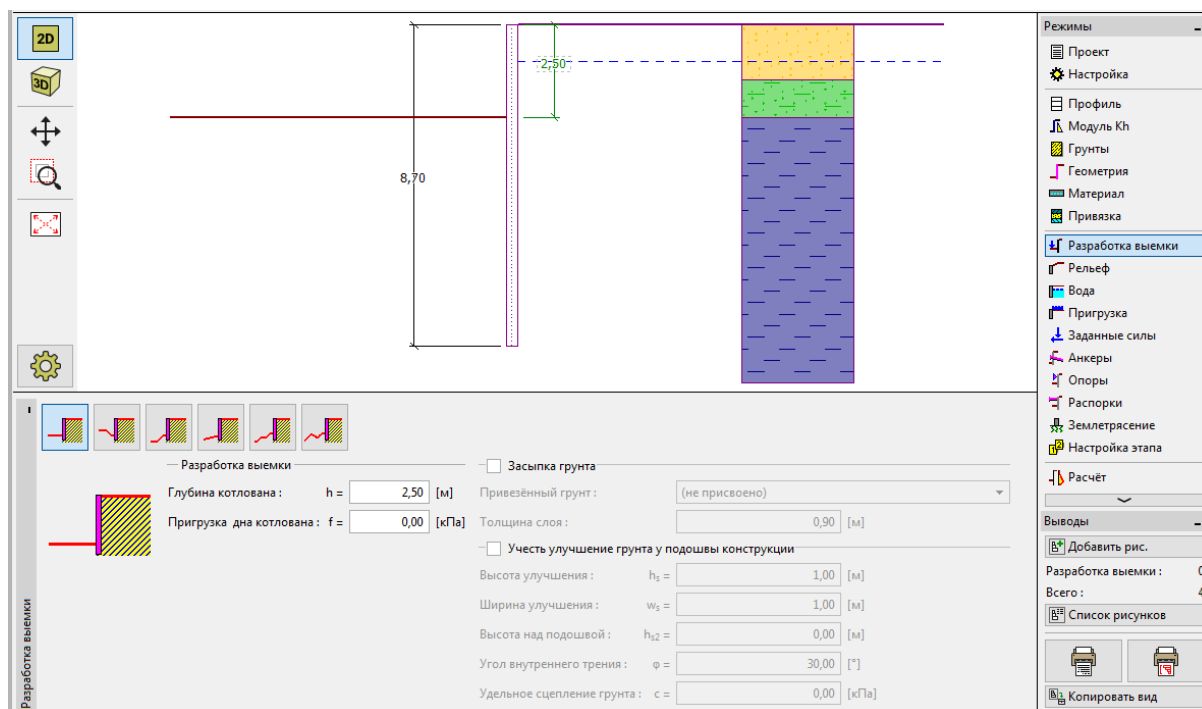
Примечание: модуль реакции основания (коэффициент постели) является важным входным параметром при расчете конструкции методом зависимых давлений (упруго-пластической нелинейной модели). Модуль k_h оказывает влияние на деформацию, необходимую для достижения величин активных или пассивных давлений (более подробная информация представлена в Справке – F1).

Во вкладке "Материал" следует выбрать требуемый класс стали для сооружения из каталога. В данном случае используется класс **EN 10248-1: S 240 GP**.



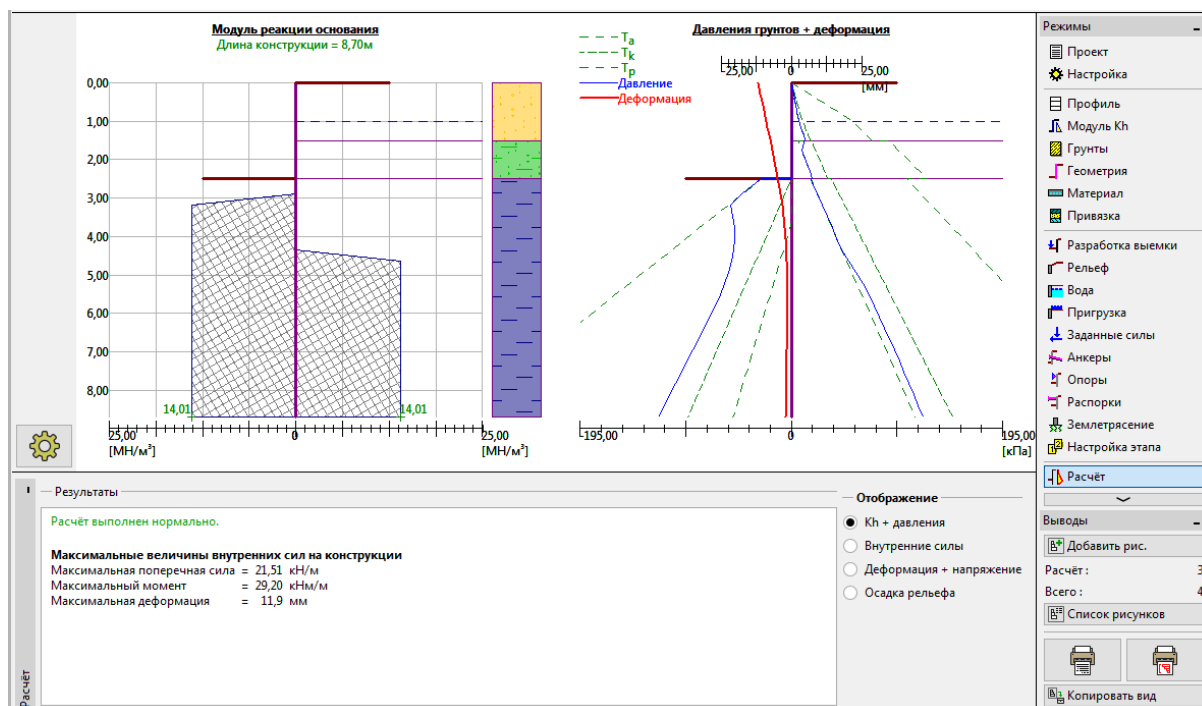
Диалоговое окно "Каталог материалов"

Далее, во вкладке "Разработка выемки" вводится глубина отметки для первого этапа проектирования, 2,5 м.



Вкладка "Разработка выемки" - этап проектирования 1

Далее следует перейти во вкладку "Расчет". В левой части экрана приведены значения модуля реакции подстилающего грунта; в правой части форма деформированной конструкции, фактическое и предельное давления грунта, перемещения (более подробная информация представлена в Справке – F1).



Вкладка "Расчет" - этап конструирования 1

Этап конструирования 2

Добавим другой этап проектирования со следующими параметрами. Здесь определяется анкерное крепление подпорной стены. Во вкладках "Настройки", "Профиль", "Модуль k_h ", "Грунты" и "Геометрия" не могут вноситься изменения, так как эти данные должны совпадать на всех этапах расчета.

Во вкладке "Анкеры" нажатием кнопки "Добавить" вводится один ряд анкеров на глубине 1,5 м ниже уровня земли. Тип анкера не задается, так как проверка несущей способности анкера не является задачей данного примера. Параметры анкера задаются следующим образом:

- общая длина анкеров: $l_c = 10$ м (свободная длина анкера $l = 7$ м, длина корня $l_k = 3$ м)
- наклон тяги анкеров: $\alpha = 15^\circ$
- шаг анкеров: $b = 2,5$ м

Необходимые параметры для расчета жесткости анкера - диаметр $d = 32$ мм и модуль упругости $E = 210$ ГПа) и усилие преднатяжения $F = 240$ кН.

Правка анкера

Тип анкера :

Имя :

— Параметры анкера —

Глубина : $z =$ [м]

Свободная длина : $l =$ [м]

Длина корня : $l_k =$ [м]

Наклон : $\alpha =$ [°]

Шаг : $b =$ [м]

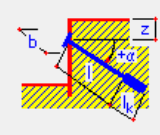
— Жёсткость —

Тип задания :

Диаметр : $d_s =$ [мм]

Модуль упругости : $E =$ [МПа]

Усилие предварительного натяжения : $F =$ [кН]

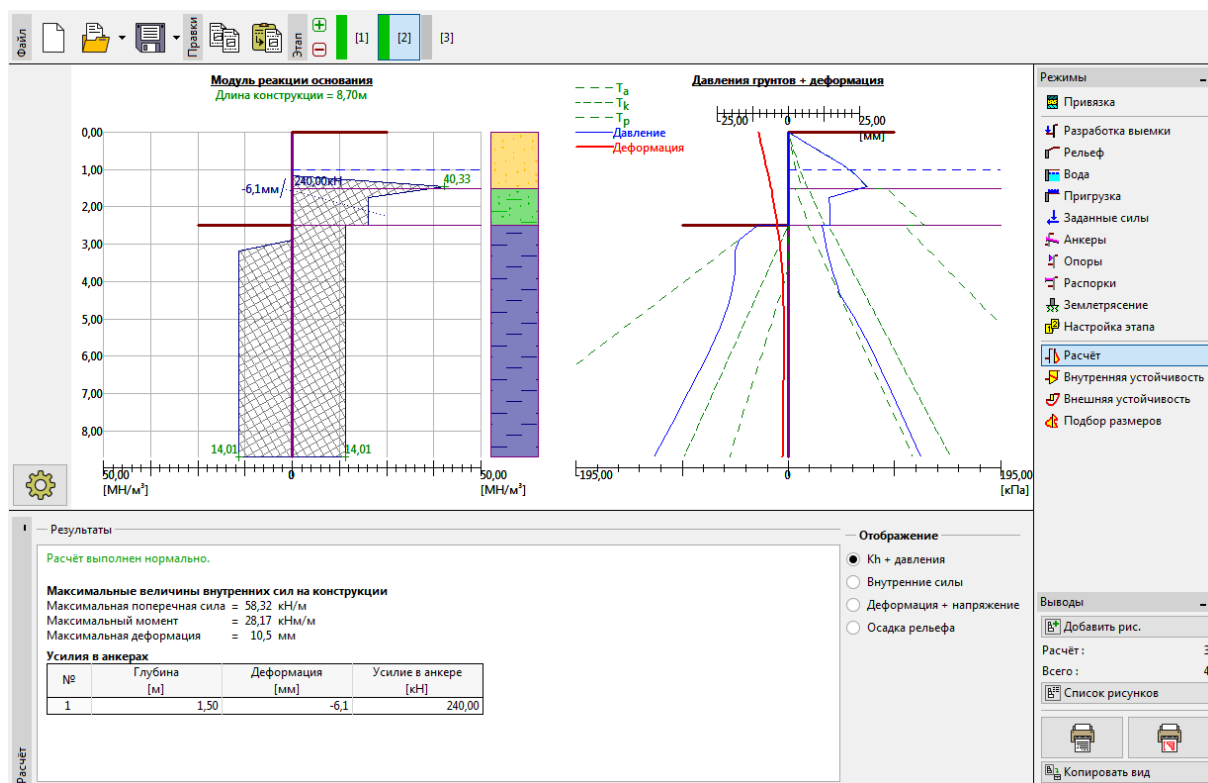


Диалоговое окно "Новый анкер"

Примечание: для анкерных подпорных стен может быть полезной возможность ввести анкер на отдельном этапе проектирования, а далее продолжить разработку котлована на следующем этапе. Это связано с итерационным расчетом модуля жесткости основания (коэффициента постели) - при одновременном моделировании анкеров и выработки на одном этапе расчет может быть неустойчивым, и не позволит получить решение.

Примечание: жесткость анкеров рассматривается на последующих этапах проектирования. Усилия в анкерах меняются в связи с деформированием конструкции (более подробная информация представлена в Справке – F1).

Прочие входные параметры не меняются. Далее выполняется расчет.

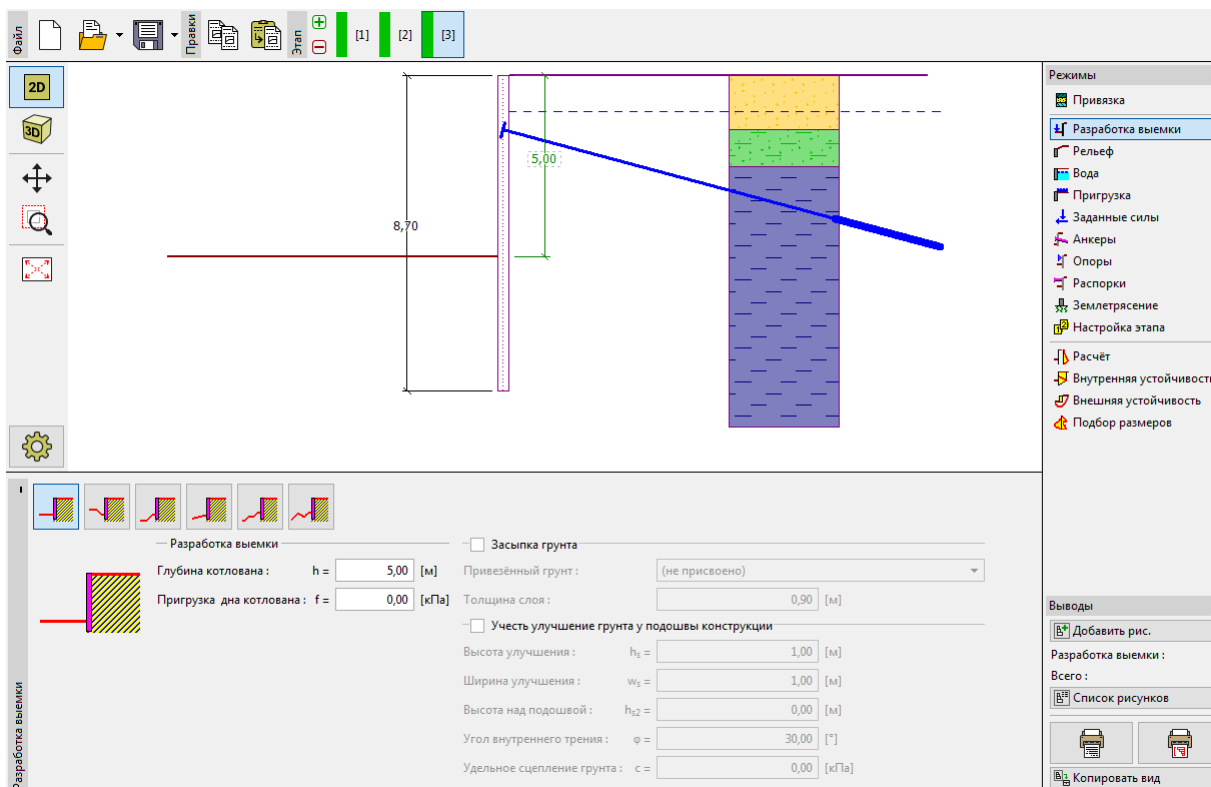


Вкладка "Расчет" - этап проектирования 2

На предыдущем рисунке показано, что добавление анкера плотнее прижимает конструкцию к грунту. Давление грунта возле анкера выросло до величины пассивного давления, перераспределение увеличило давление грунта, действующее на конструкцию.

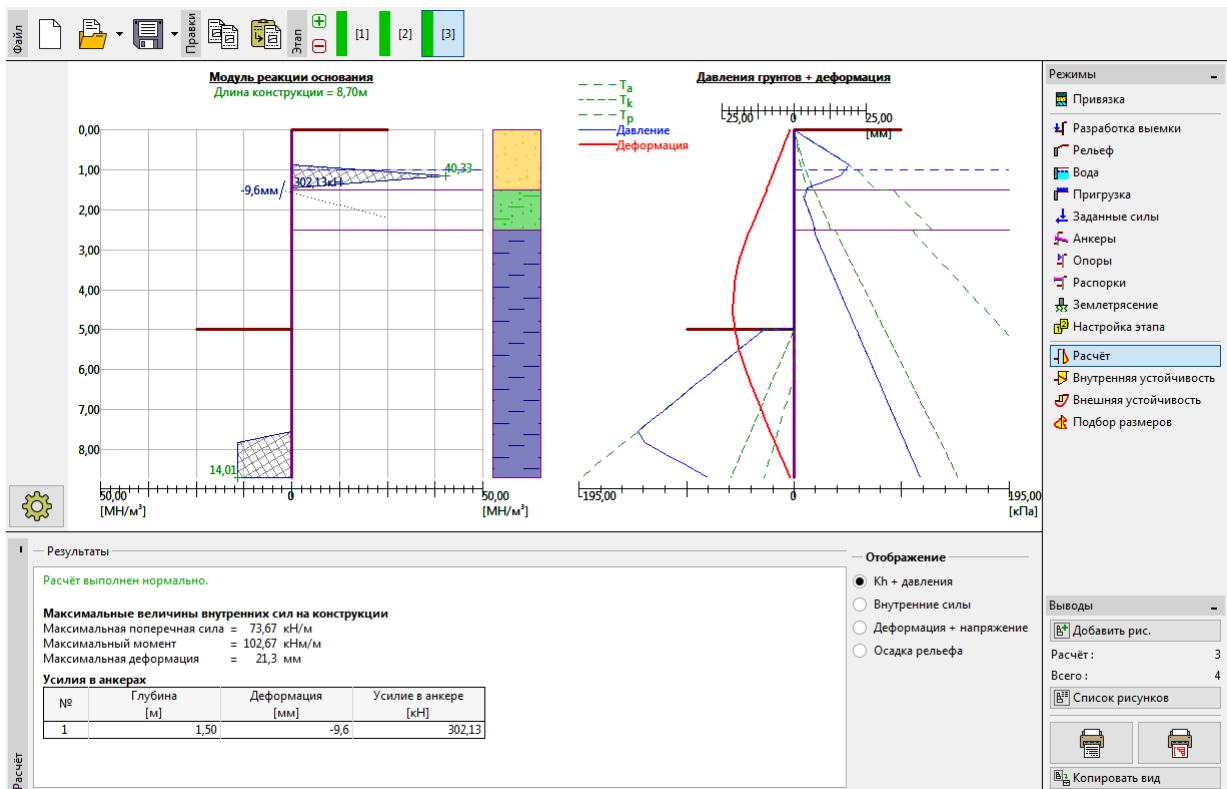
Этап проектирования 3

Далее добавляется этап проектирования, на котором задается окончательная разработка котлована. Во вкладке "Разработка выемки" необходимо изменить глубины на ее полное значение (5,0 м).

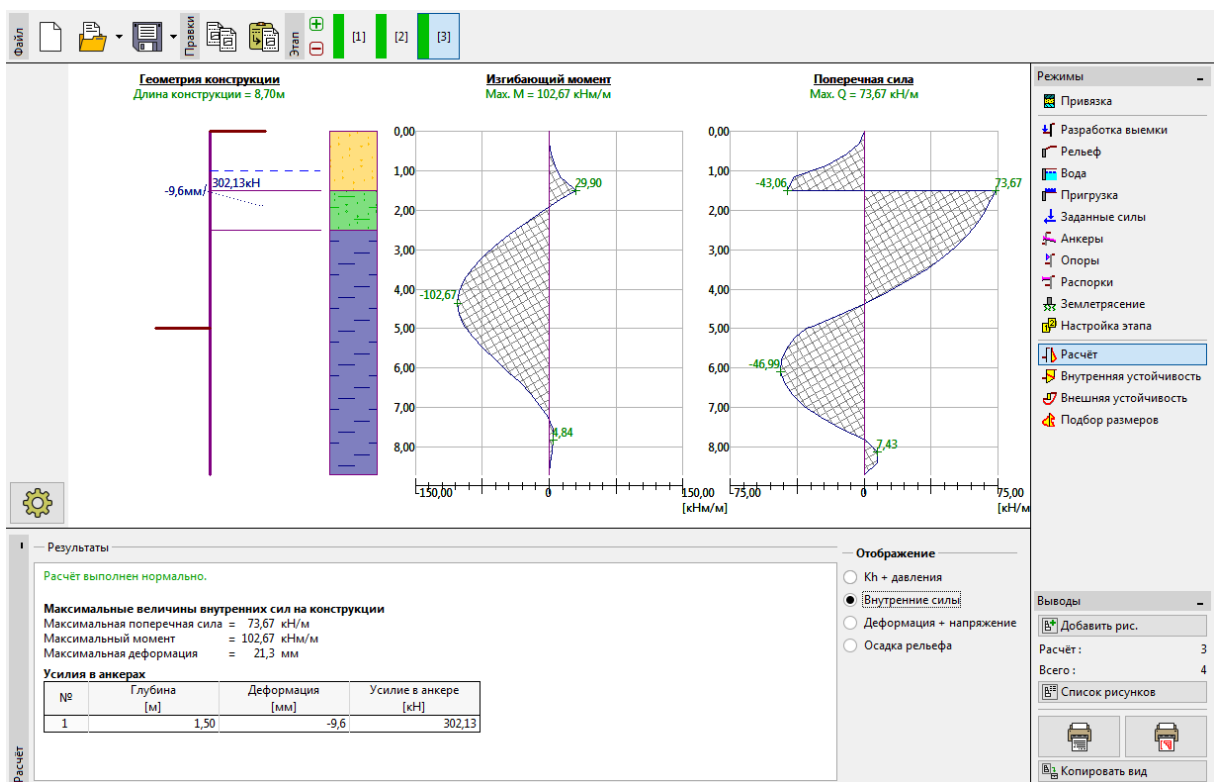


Вкладка "Разработка выемки" – Этап проектирования 3

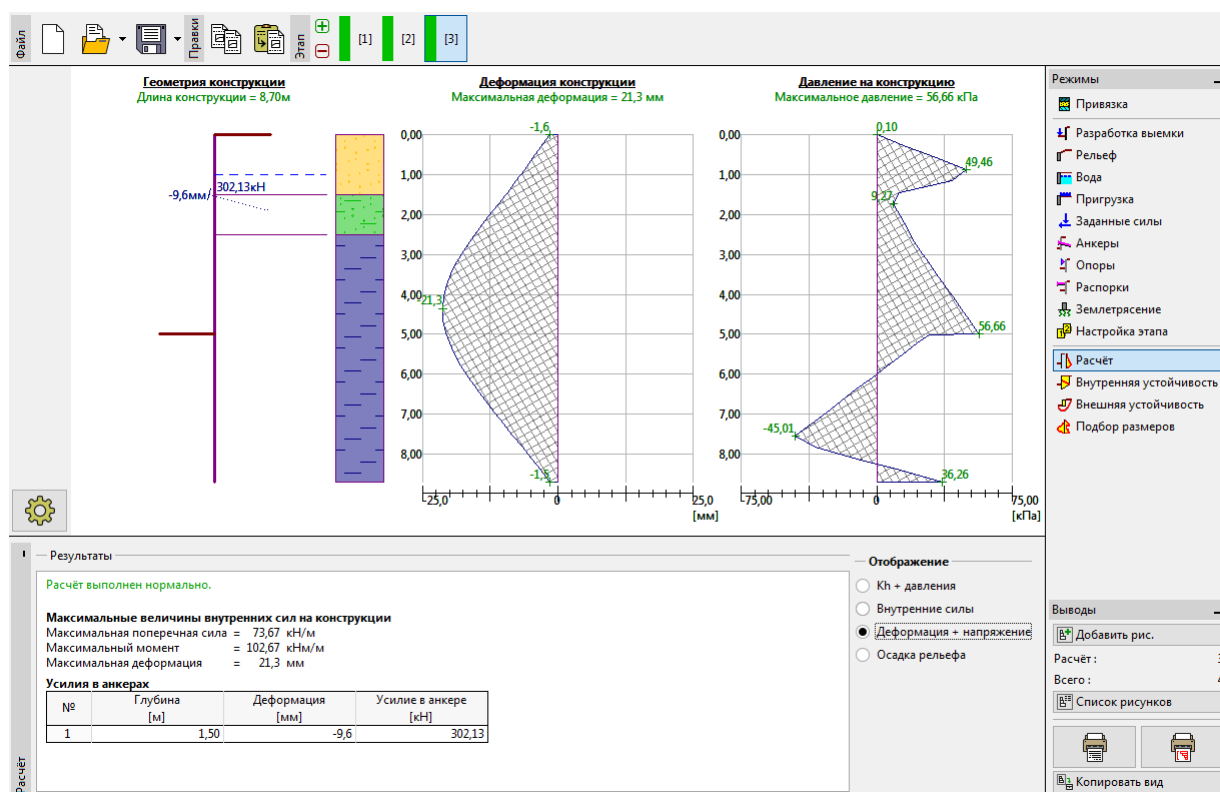
Далее выполняется расчет и определяется распределение внутренних усилий, а также перемещение анкерной подпорной стенки.



Вкладка "Расчет" - этап проектирования 3



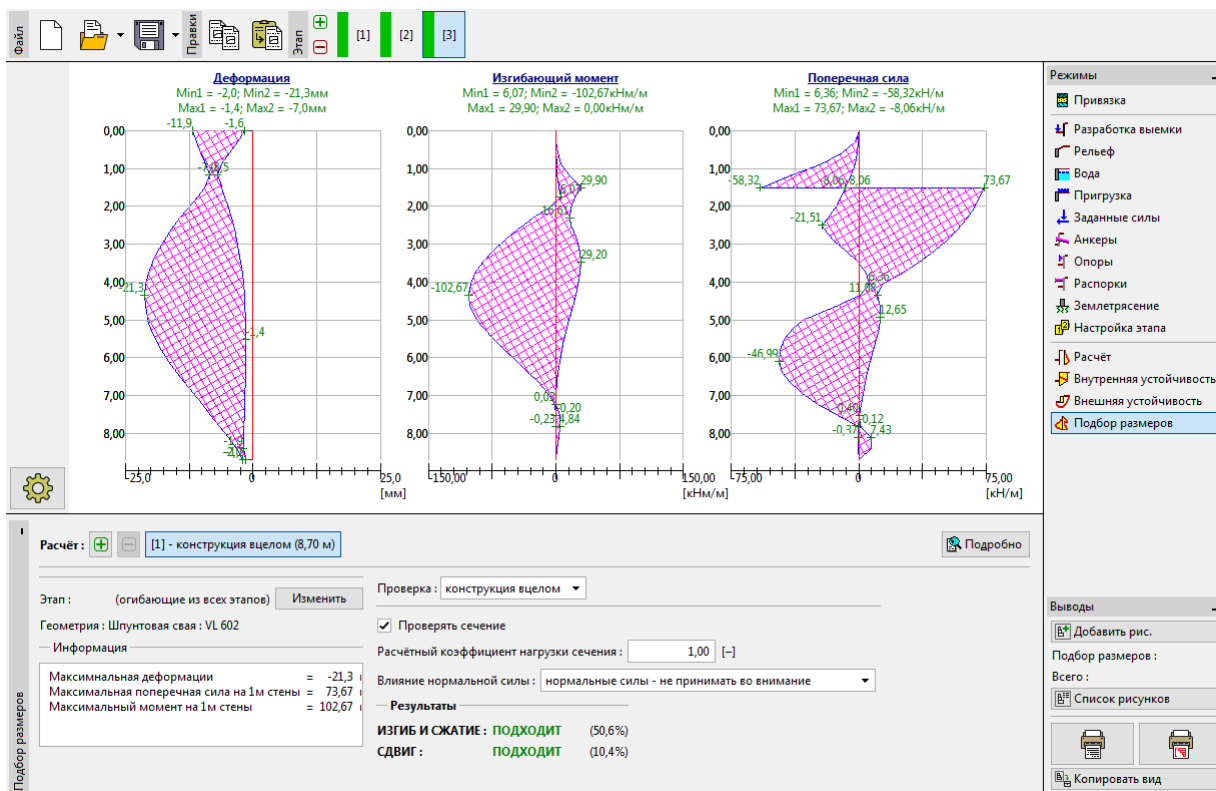
Вкладка "Расчет" - этап проектирования 3 (внутренние усилия)



Вкладка "Расчет" - этап проектирования 3 (перемещения и давление грунта на конструкцию)

Проверка материала и поперечного сечения шпунта:

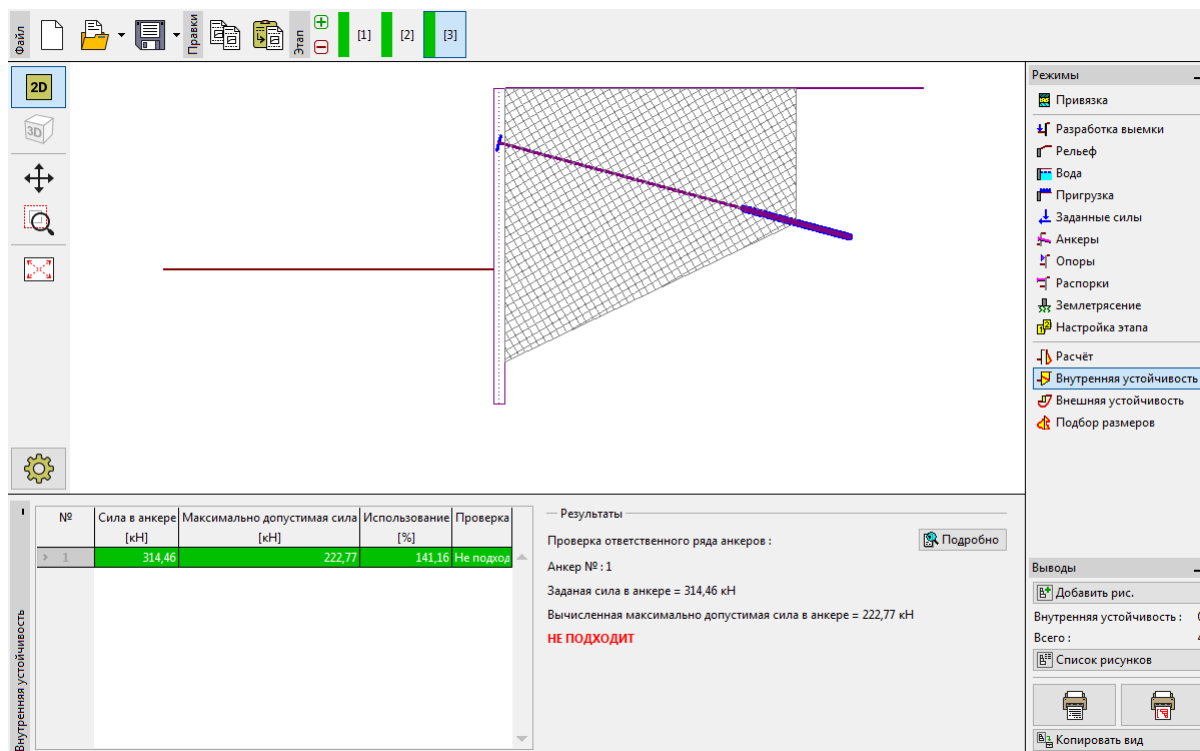
Далее следует перейти во вкладку "Подбор размеров". Максимальный полученный момент в конструкции составляет 102,59 кНм/м. Общее использование шпунта типоразмера **VL 602** из стали EN 10248-1: S 240 GP составляет **50,6 %**. Максимальные перемещения конструкции (21,2 мм) так же удовлетворяют требованиям.



Вкладка "Подбор размеров" - этап проектирования 3 (Общее использование шпунта типоразмера VL 602)

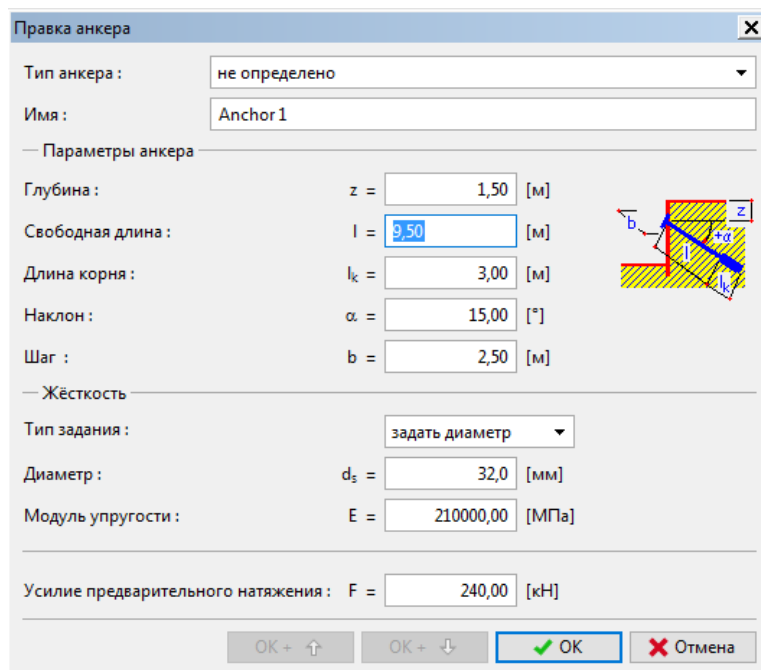
Проверка устойчивости анкера

Для проверки устойчивости анкеров необходимо перейти во вкладку "Внутренняя устойчивость". Из расчета видно, что требование внутренней устойчивости не удовлетворяется (общее использование составляет **190,3 %**). Это означает, что возможно вырывание анкера из грунта.



Вкладка "Внутренняя устойчивость" - этап проектирования 3 (неудовлетворительный результат)

Причиной является недостаточная длина анкера, в связи с чем необходимо перейти во вкладку "Анкеры" (на этапе проектирования 2), нажать кнопку "Править цифру 1" и увеличить свободную длину до 9,5 м. Полная длина анкера составит 12,5 м.



Правка анкера

Тип анкера : не определено

Имя : Anchor1

— Параметры анкера —

Глубина : $z = 1,50$ [м]

Свободная длина : $l = 9,50$ [м]

Длина корня : $l_k = 3,00$ [м]

Наклон : $\alpha = 15,00$ [°]

Шаг : $b = 2,50$ [м]

— Жесткость —

Тип задания : задать диаметр

Диаметр : $d_s = 32,0$ [мм]

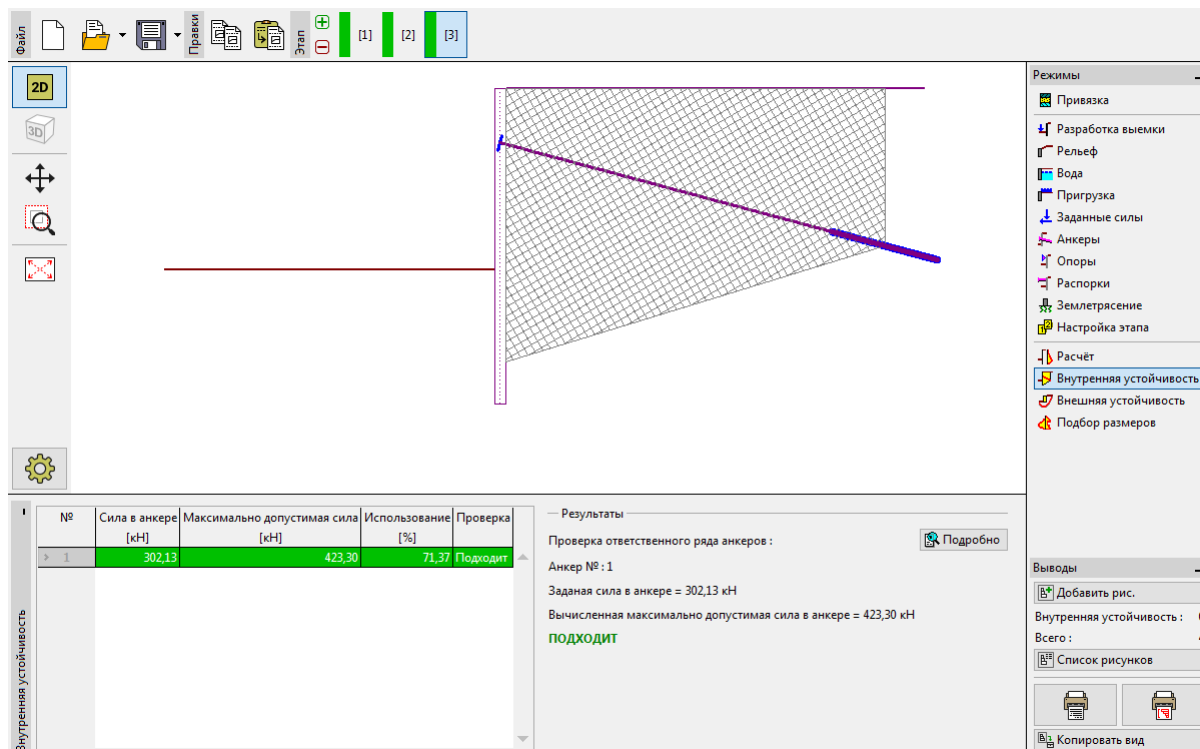
Модуль упругости : $E = 210000,00$ [МПа]

Усилие предварительного натяжения : $F = 240,00$ [кН]

OK + ↑ OK + ↓ **OK** Отмена

Диалоговое окно "Правка анкера" - этап проектирования 2

Далее следует переключиться обратно на этап проектирования 3, выполнить расчет и просмотреть вкладку "Внутренняя устойчивость". На следующем рисунке видно, что после изменения параметров анкер удовлетворяет требованиям внутренней устойчивости (полное использование составляет **79,45 %**).



Вкладка "Внутренняя устойчивость" - этап проектирования 3 (удовлетворительный результат)

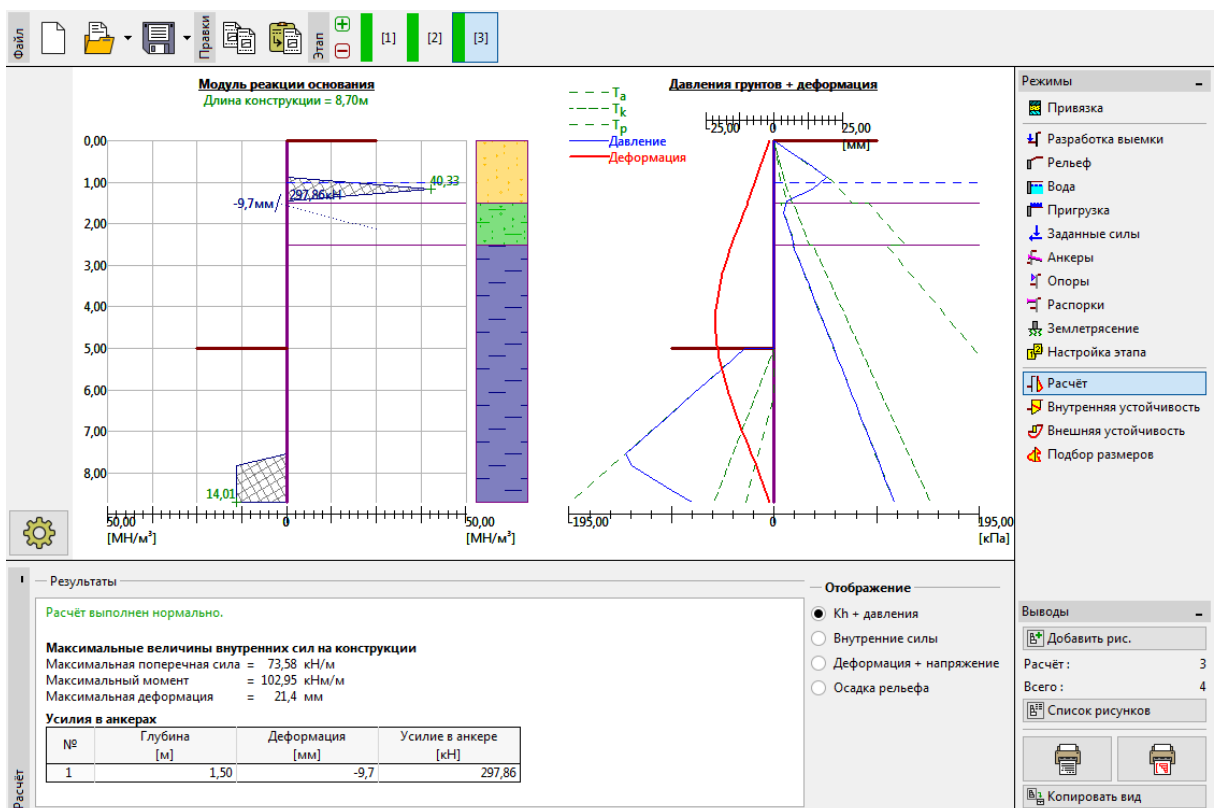
Последним, требующим проверки обстоятельством является общая устойчивость конструкции. Необходимо нажать кнопку "Внешняя устойчивость", при этом автоматически откроется программа "Устойчивость откоса". Во вкладке "Расчет" следует нажать кнопку "Вычислить". Видно, что общая устойчивость обеспечена. Нажмите кнопку "Завершить и передать данные" для выхода из программы "Устойчивость откоса".



Вкладка "Внешняя устойчивость"

Результаты расчета

После изменения длины анкера до $l_c = 12,5$ м происходит незначительное изменение в расчете внутренних усилий, деформаций и давлений грунта. На основании результатов расчета, окончательные значения для этапа проектирования следующие:



Вкладка "Расчет" - этап проектирования 3 (после изменения длины анкера)

Запроектированное шпунтовое ограждение удовлетворяет всем требованиям:

- Использование стальной секции: **50,8 %** ПОДХОДИТ
- Внутренняя устойчивость: **70,3 %** ПОДХОДИТ
- Общая устойчивость: **82,3 %** Метод - Бишоп (оптимизация) ПОДХОДИТ