

## Расчет безанкерной подпорной стенки

Программа: Ограждение котлованов - проект

Файл: Demo\_manual\_04.gp1

Данное инженерное руководство описывает расчет безанкерной подпорной стенки для на постоянное и случайное воздействие (затопление).

### Постановка задачи

Расчет безанкерной подпорной стенки из шпунта VL 601 с использованием EN 1997-1 (EC 7-1, DA3) с учетом слоистого напластования грунтов. Материал шпунта - сталь марки S 240 GP. Глубина выработки - 2,75 м. Уровень грунтовых вод залегает на глубине 1,0 м. Так же необходимо выполнить расчет на затопление, когда уровень воды на 1,0 м выше верха стенки (будут устанавливаться передвижные барьеры).

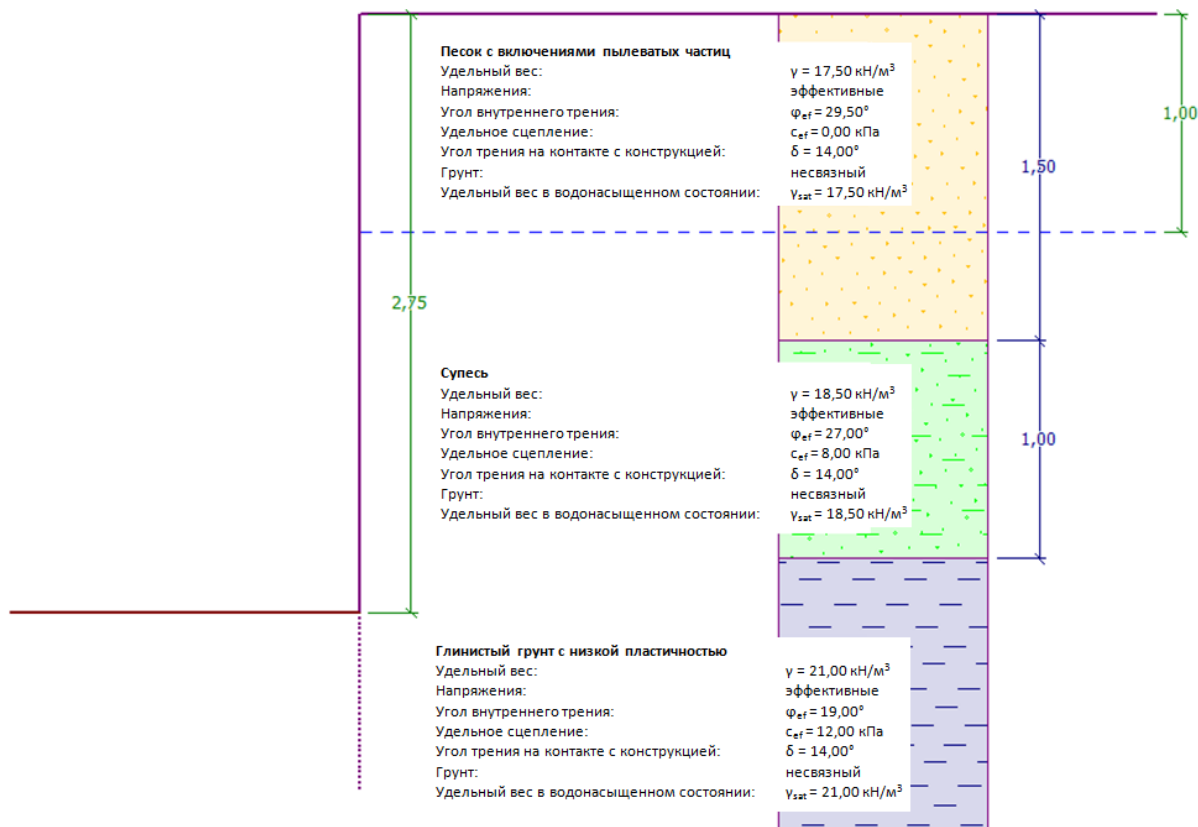


Схема безанкерной шпунтовой стенки - постановка задачи

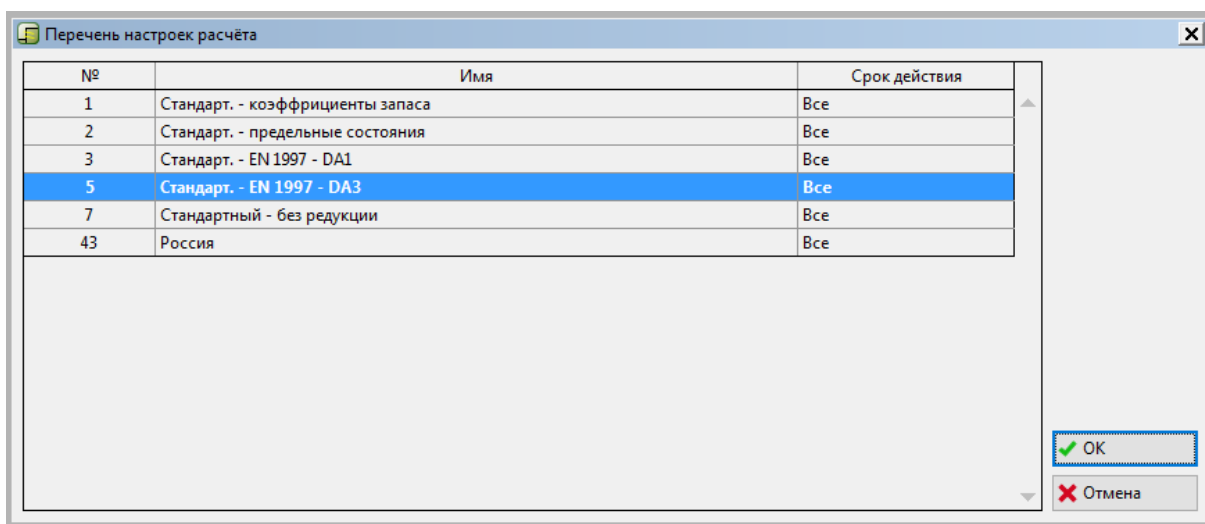
## Решение:

Для решения этой задачи используется программа GEO5 “Ограждения котлованов - Проект”.  
Далее в тексте приводится пошаговое решение данного примера:

- 1<sup>й</sup> этап проектирования: расчет постоянных воздействий
- 2<sup>й</sup> этап проектирование: расчет случайных воздействий
- Определение размеров поперечного сечения
- Проверка устойчивости
- Результаты расчета и выводы

## Этап проектирования 1

Во вкладке «Настройка» следует нажать на кнопку «Выбрать настройки» и выбрать №5 - “Standard – EN 1997 – DA3”.



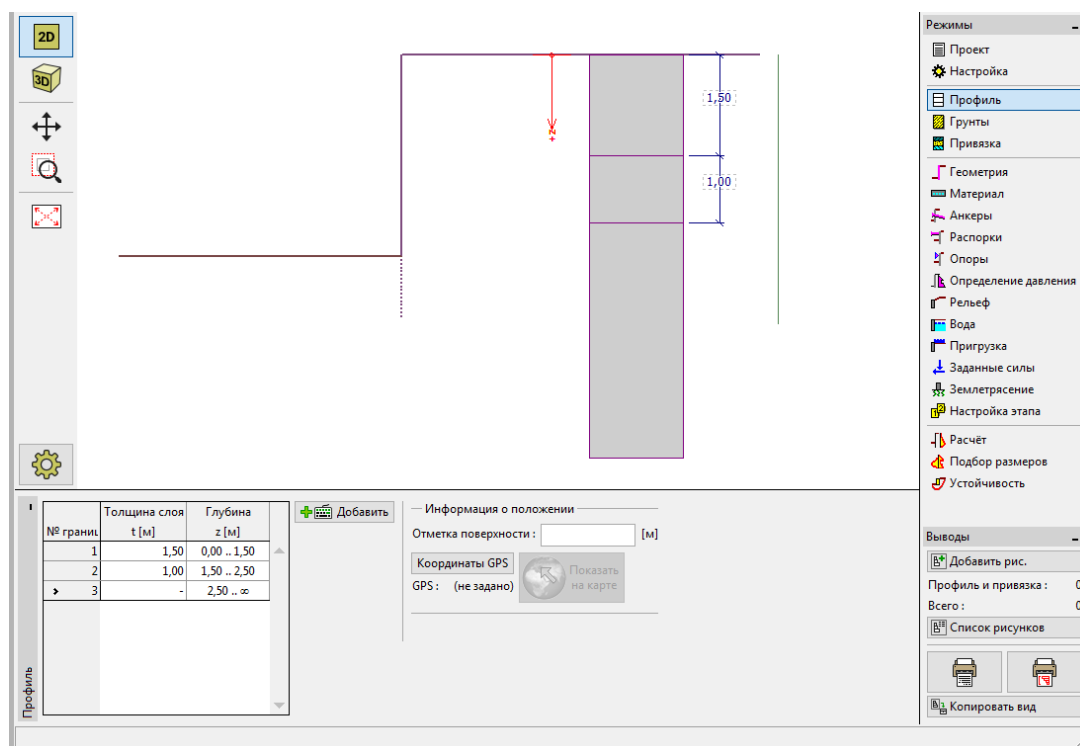
*Диалоговое окно «Перечень настроек расчета»*

Далее необходимо построить геологический разрез, ввести параметры грунтов в соответствии с таблицей и присвоить их элементам разреза. Напряженное состояние рассматривается в **эффективных** напряжениях, давление грунта в состоянии покоя рассчитывается в предположении несвязных грунтов, расчет подъема воды для каждого грунта **стандартный**. Изменение удельного веса при водонасыщении не учитывается.

Грунт (разновидность)	Мощность [m]	Удельный вес $\gamma [kN/m^3]$	Угол внутреннего трения $\varphi_{ef} [^\circ]$	Удельное сцепление $c_{ef} [kPa]$	Угол трения между грунтом и конструкцией $\delta = [^\circ]$
S-F – Песок с включениями пылеватых частиц, средней плотности	0,0 – 1,5	17,5	29,5	0,0	14,0
SC – Супесь, средней плотности	1,5 – 2,5	18,5	27,0	8,0	14,0
CL, CI – Глинистый грунт с низкой и средней пластичностью	от 2,5	21,0	19,0	12,0	14,0

Таблица - параметры грунта

Вначале следует перейти во вкладку "Профиль" и ввести две новых границы слоев нажатием кнопки "Добавить". Один из них расположен на глубине 1,5 м, второй - на глубине 2,5 м.



Вкладка "Профиль" - Добавление новых границ слоев

Далее необходимо перейти во вкладку "Грунты" и добавить новые грунты, как показано ниже с помощью кнопки "Добавить".

Добавление новых грунтов

Идентификация

Имя:

Базовые данные

Удельный вес:  $\gamma =$   [кН/м³]

Напряжённое состояние:

Угол внутреннего трения:  $\varphi_{ef} =$   [°]

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

Угол трения конструкция-грунт:  $\delta =$   [°]

Статическое давление

Грунт:

Подъёмная сила

Расчёт подъёмной силы:

Удельный вес водонасыщенного грунта:  $\gamma_{sat} =$   [кН/м³]


Отображение

Категория узоров:

Поиск:

Подкатегория:

Штриховка: 



9 Песок

Цвет штриховки:

Фон:

Насыщенность <10 - 90>:  [%]

Определи

Стереть

Добавь

Отмена

Диалоговое окно "Добавление новых грунтов" - Песок с примесью пылеватых частиц

**Добавление новых грунтов**

— Идентификация —

Имя : SC - супесь

— Базовые данные — ?

Удельный вес :  $\gamma = 18,50$  [кН/м³]

Напряжённое состояние : эффективное

Угол внутреннего трения :  $\varphi_{ef} = 27,00$  [°]

Удельное сцепление грунта :  $c_{ef} = 8,00$  [кПа]

Угол трения конструкция-грунт :  $\delta = 14,00$  [°]

— Статическое давление — ?

Грунт : несвязный

— Подъёмная сила — ?

Расчёт подъёмной силы : стандартный

Удельный вес водонасыщенного грунта :  $\gamma_{sat} = 18,50$  [кН/м³]

— Отображение —

Категория узоров : GEO

Поиск :

Подкатегория : Грунты (1 - 16)

Штриховка : 11 Лёгкая супесь

Цвет штриховки :

Фон : автоматический

Насыщенность <10 - 90> : 50 [%]

Определить Стереть + Добавить ✕ Отмена

Диалоговое окно "Добавление новых грунтов" - Супесь

**Добавление новых грунтов**

— Идентификация —

Имя : Глинистый грунт с низкой пластичностью

— Базовые данные — ?

Удельный вес :  $\gamma = 21,00$  [кН/м³]

Напряжённое состояние : эффективное

Угол внутреннего трения :  $\varphi_{ef} = 19,00$  [°]

Удельное сцепление грунта :  $c_{ef} = 12,00$  [кПа]

Угол трения конструкция-грунт :  $\delta = 14,00$  [°]

— Статическое давление — ?

Грунт : несвязный

— Подъёмная сила — ?

Расчёт подъёмной силы : стандартный

Удельный вес водонасыщенного грунта :  $\gamma_{sat} = 21,00$  [кН/м³]

— Отображение —

Категория узоров : GEO

Поиск :

Подкатегория : Грунты (1 - 16)

Штриховка : 4 Глина

Цвет штриховки :

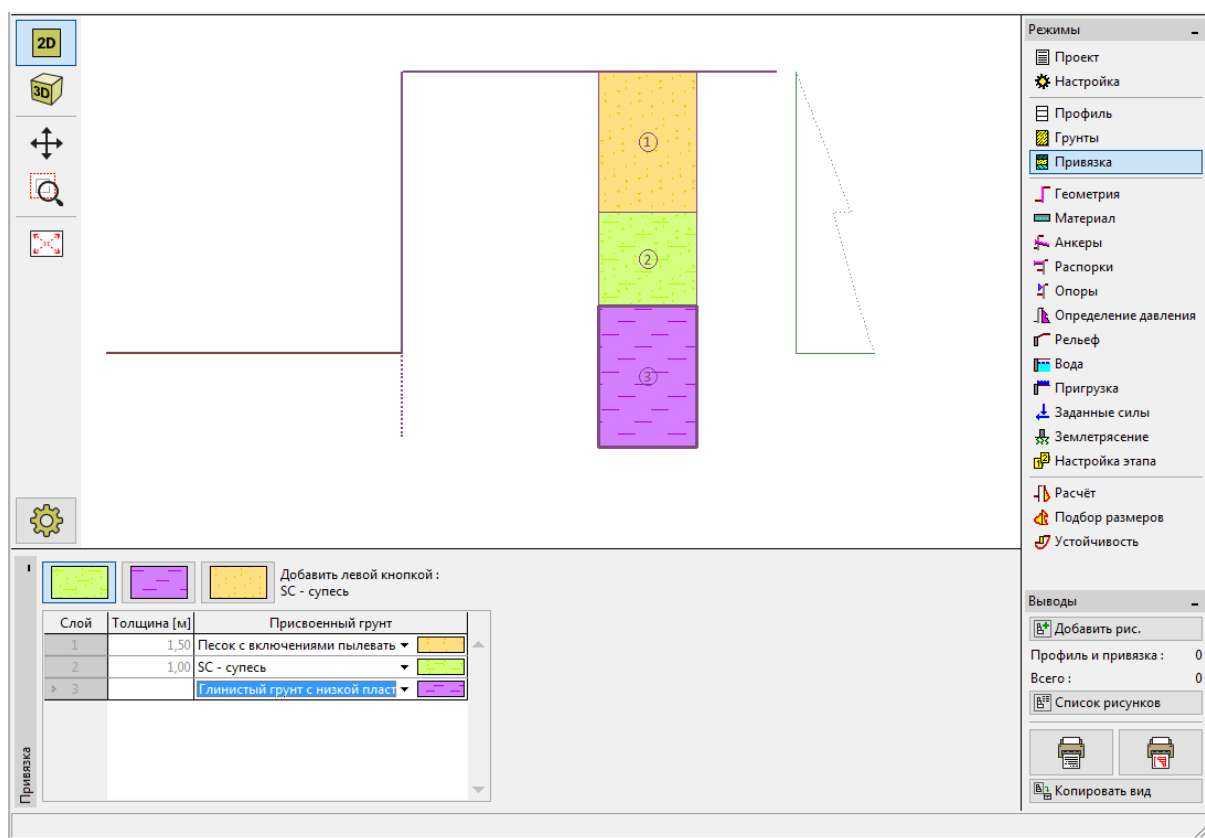
Фон : автоматический

Насыщенность <10 - 90> : 50 [%]

Определить Стереть + Добавить ✕ Отмена

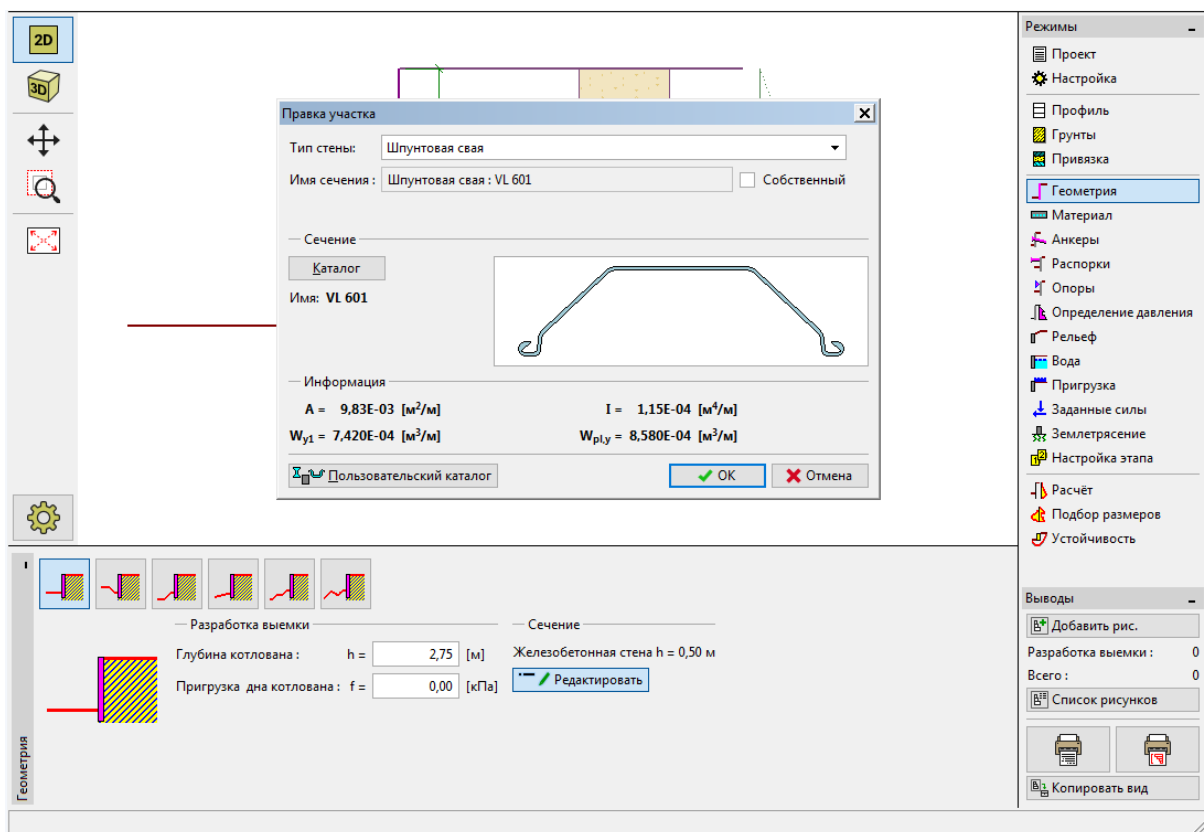
Диалоговое окно "Добавление новых грунтов" - Глинистый грунт с низкой пластичностью

Далее, во вкладке "Привязка" следует присвоить виды грунтов элементам разреза, как показано на рисунке ниже.



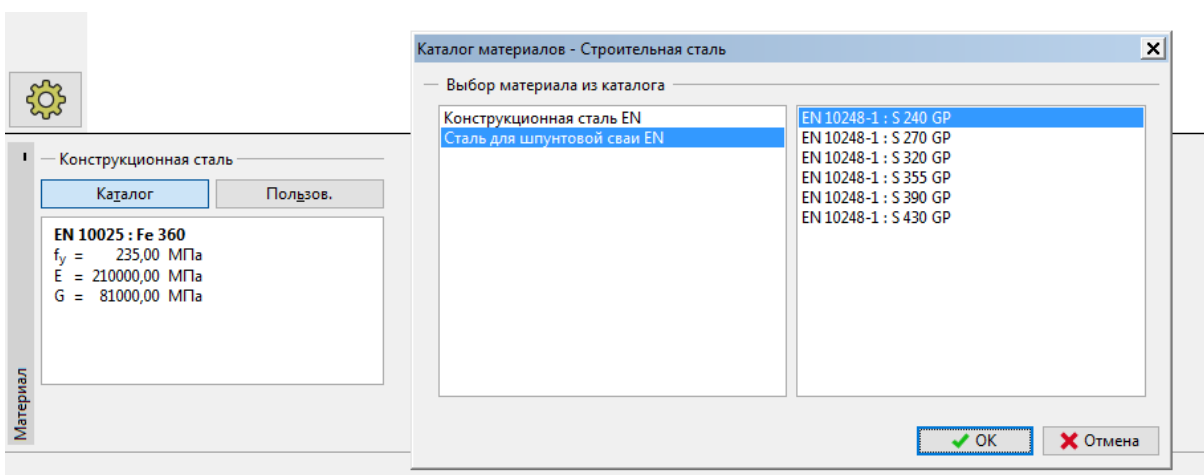
*Вкладка "Привязка" - присвоение видов грунта*

Во вкладке "Геометрия" следует выбрать форму выработки и ввести ее глубину. Затем, начав редактирование, выбрать тип поперечного сечения. В нашем примере мы рассмотрим шпунт VL 601.



Вкладка "Геометрия"

Во вкладке "Материал" необходимо выбрать требуемую марку стали (S 240 GP, сталь для шпунтовой сваи).

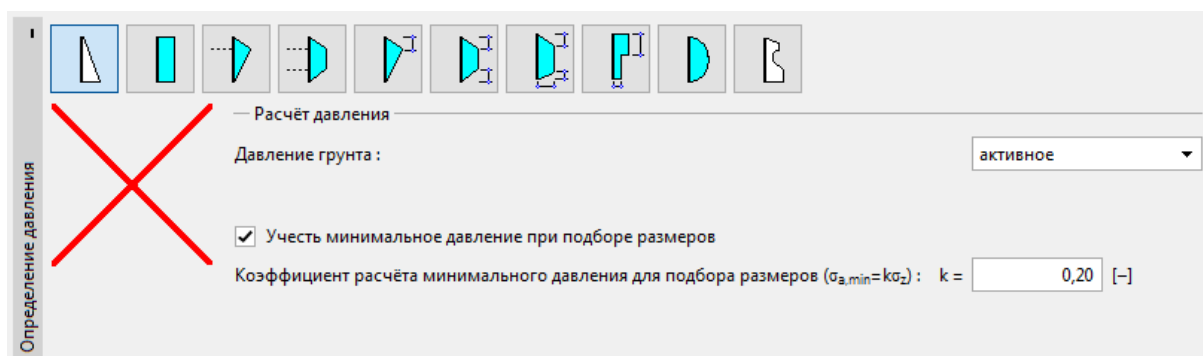


Вкладка "Материал" - диалоговое окно "Каталог материалов"

В этом примере не используются вкладки "Анкеры", "Распорки", "Опоры", "Пригрузка" и "Заданные силы". Вкладка "Землетрясение" также не участвует в данном расчете, так как сооружение не располагается в сейсмически опасном районе. Во вкладке "Рельеф" поверхность остается горизонтальной.



Далее следует перейти во вкладку "Определение давления". В этой вкладке необходимо отметить опцию "Учесть минимальное давление при подборе параметров".

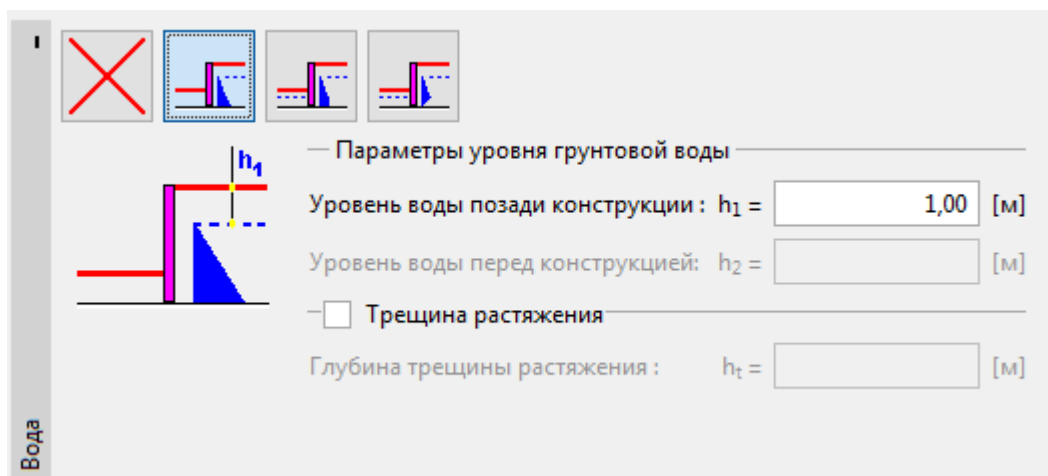


Вкладка "Определение давления"

*Примечание: Для связных грунтов некоторыми нормативными документами рекомендуется учитывать минимальное давление, действующее на подпорную стенку. Стандартное значение коэффициента для минимального давления  $K_a = 0.2$ . Это означает, что минимальное давление на конструкции составляет не менее 20% от бытового давления.*

*Примечание: в случае анкерной подпорной стенки рекомендуется использовать распределение активного давления. Если необходимо снизить деформации шпунта, также возможно увеличить давление, действующее на конструкцию (увеличенное активное, в покое) в этой же вкладке. Оба варианта описаны в Справке - F1, а также в следующем инженерном руководстве [№5 - Проектирование анкерной подпорной стенки](#).*

Во вкладке "Вода" необходимо ввести уровень грунтовых вод на глубине 1,0 м.

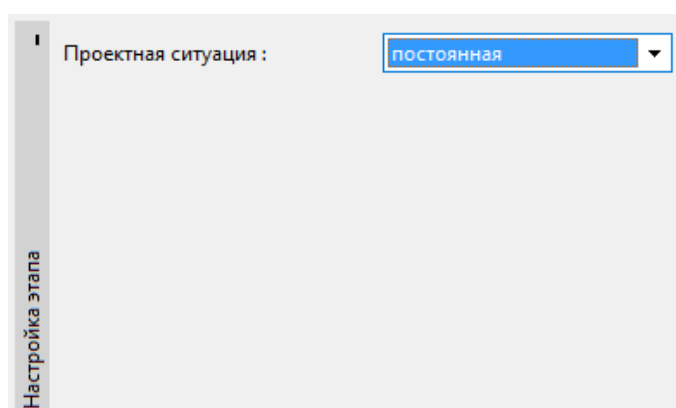


Вкладка "Вода" содержит следующие элементы:

- Четыре иконки в строке: первая с красным крестом, остальные три с диаграммами уровня воды.
- Диаграмма уровня воды: показывает стену, уровень воды позади конструкции ( $h_1$ ) и уровень воды перед конструкцией ( $h_2$ ).
- Панель "Параметры уровня грунтовой воды":
  - Уровень воды позади конструкции :  $h_1 =$   [м]
  - Уровень воды перед конструкцией:  $h_2 =$   [м]
- Панель "Трещина растяжения":
  - ☐ Трещина растяжения
  - Глубина трещины растяжения :  $h_t =$   [м]

*Вкладка "Вода" - 1 этап проектирования*

Далее, во вкладке "Настройка этапа" необходимо выбрать расчетный случай постоянных воздействий.

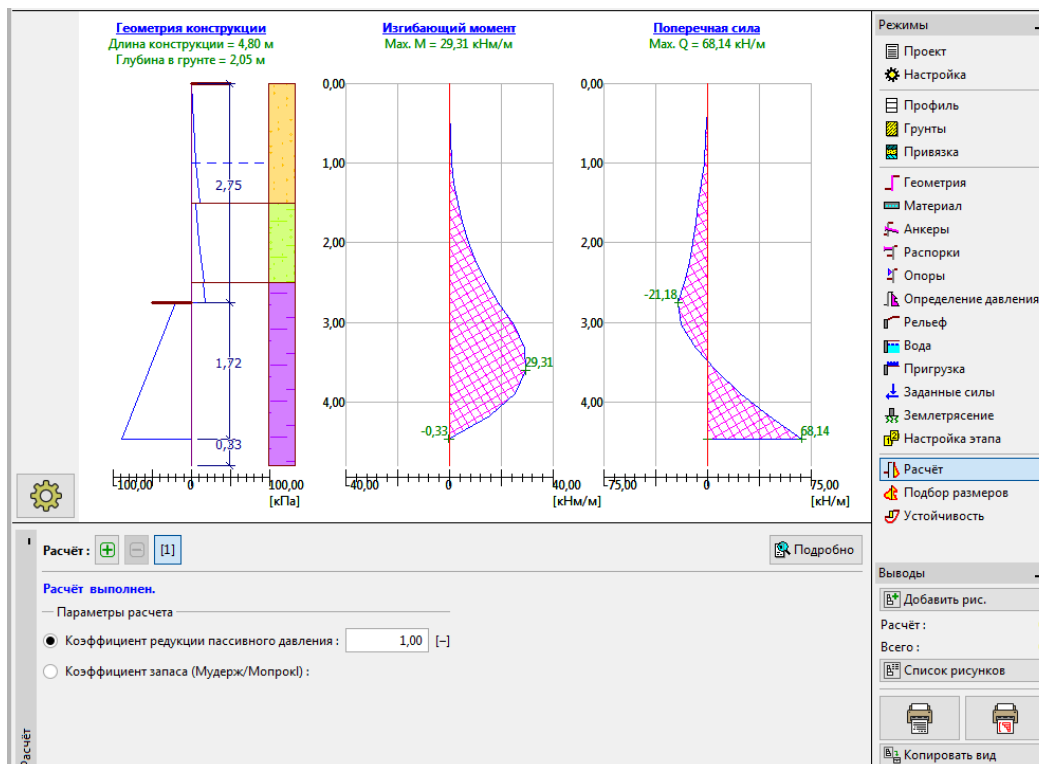


Вкладка "Настройка этапа" содержит:

- Панель "Проектная ситуация":

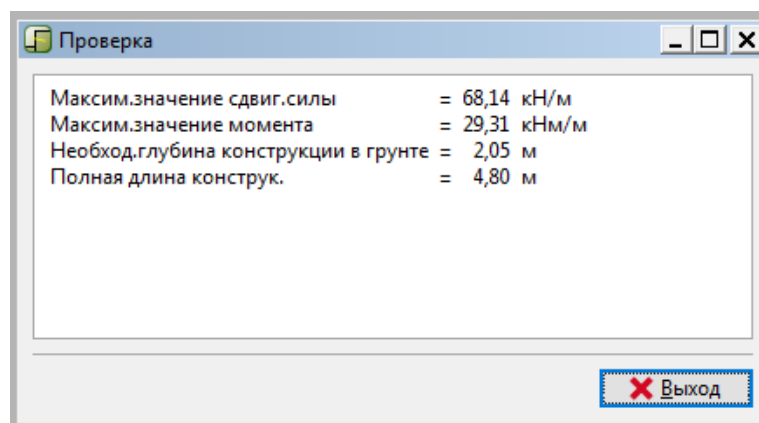
*Вкладка "Настройка этапа (1)"*

Далее необходимо открыть вкладку "Расчет". В этой вкладке программа автоматически рассчитывает внутренние усилия и необходимую глубину заделки конструкции.



Вкладка "Расчет"

Все результаты могут быть отображены на экране, для этого следует нажать кнопку "Подробно".



Вкладка "Расчет" - этап проектирования 1 - диалоговое окно "Проверка"

На следующем этапе будет показано, как провести расчет минимальной заделки и внутренних усилий для случайного воздействия - затопления.

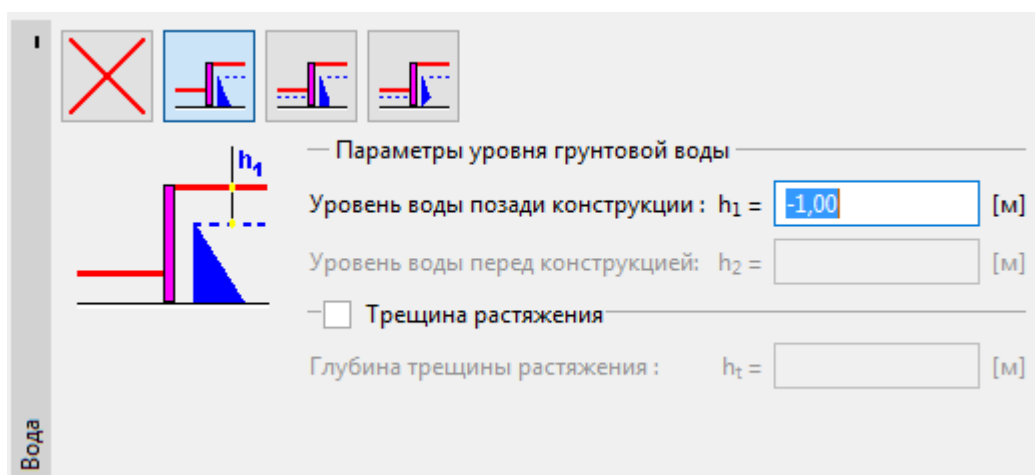
Основной ввод данных - этап проектирования 2

Необходимо добавить этап проектирования на панели "Этап" в верхней части экрана



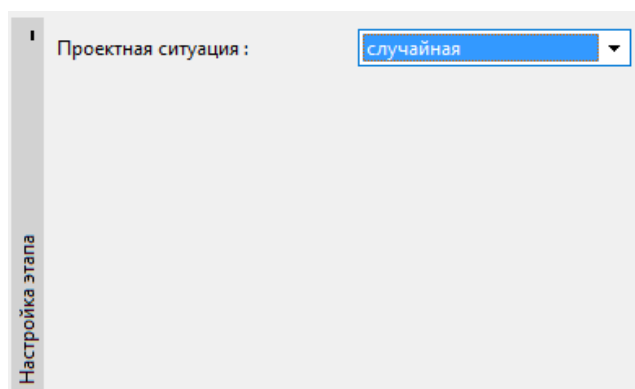
Панель "Этап"

На вкладке "Вода" следует изменить уровень грунтовых вод за конструкцией до -1,0 м. Вода на лицевой стороне учитываться не будет.



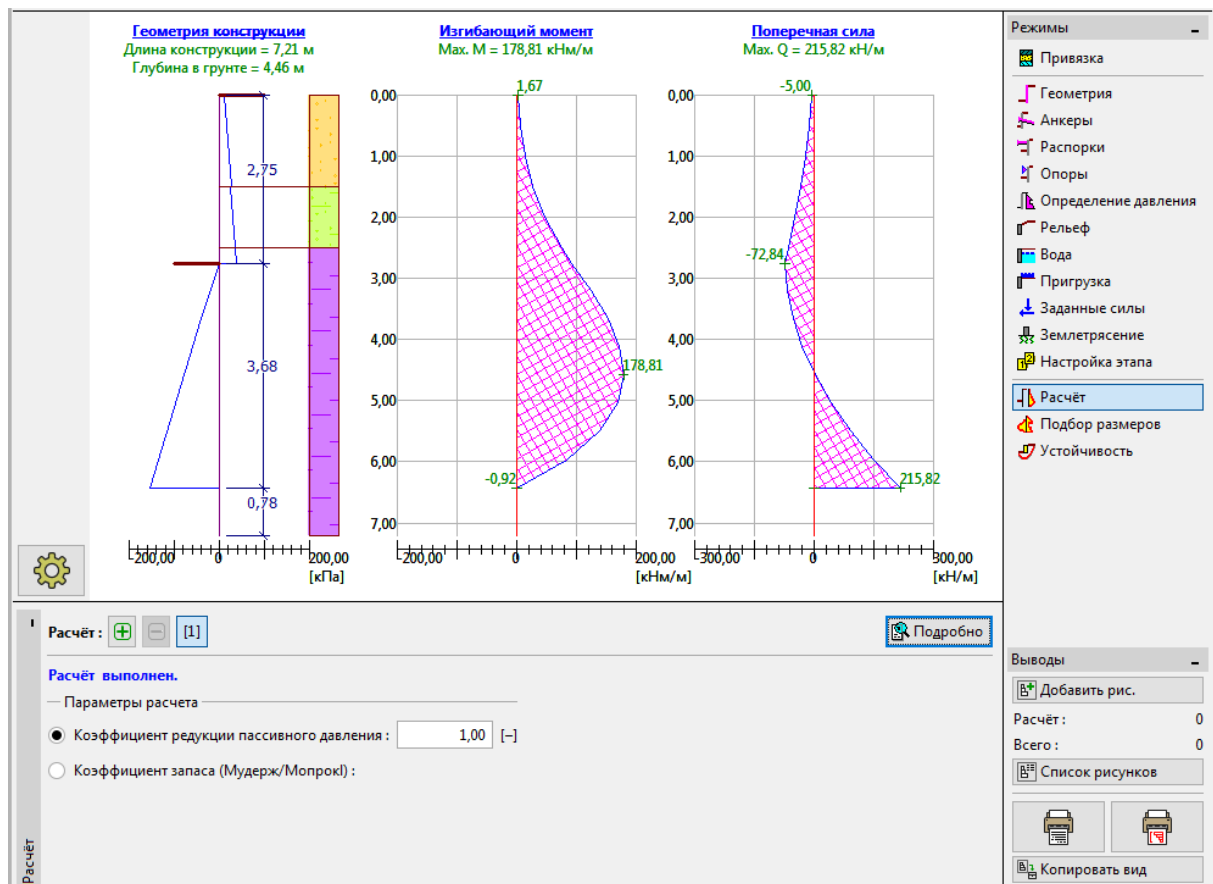
Вкладка "Вода"

Далее во вкладке "Настройка этапа" необходимо указать "случайную" проектную ситуацию.

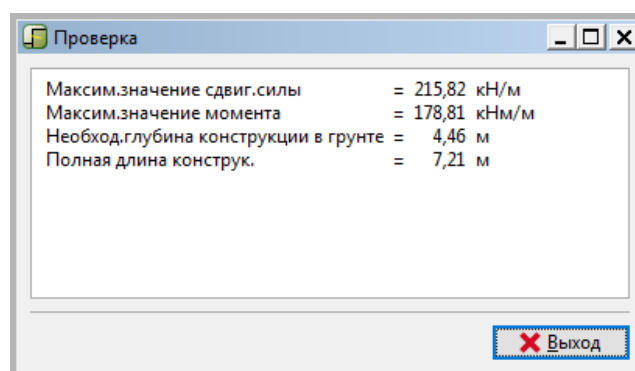


Вкладка "Настройка этапа (2)"

Все прочие значения остаются теми же, что на 1-ом этапе проектирования, и не требуют изменения. В связи с этим можно перейти сразу во вкладку "Расчет" и просмотреть результаты.



Вкладка "Расчет"

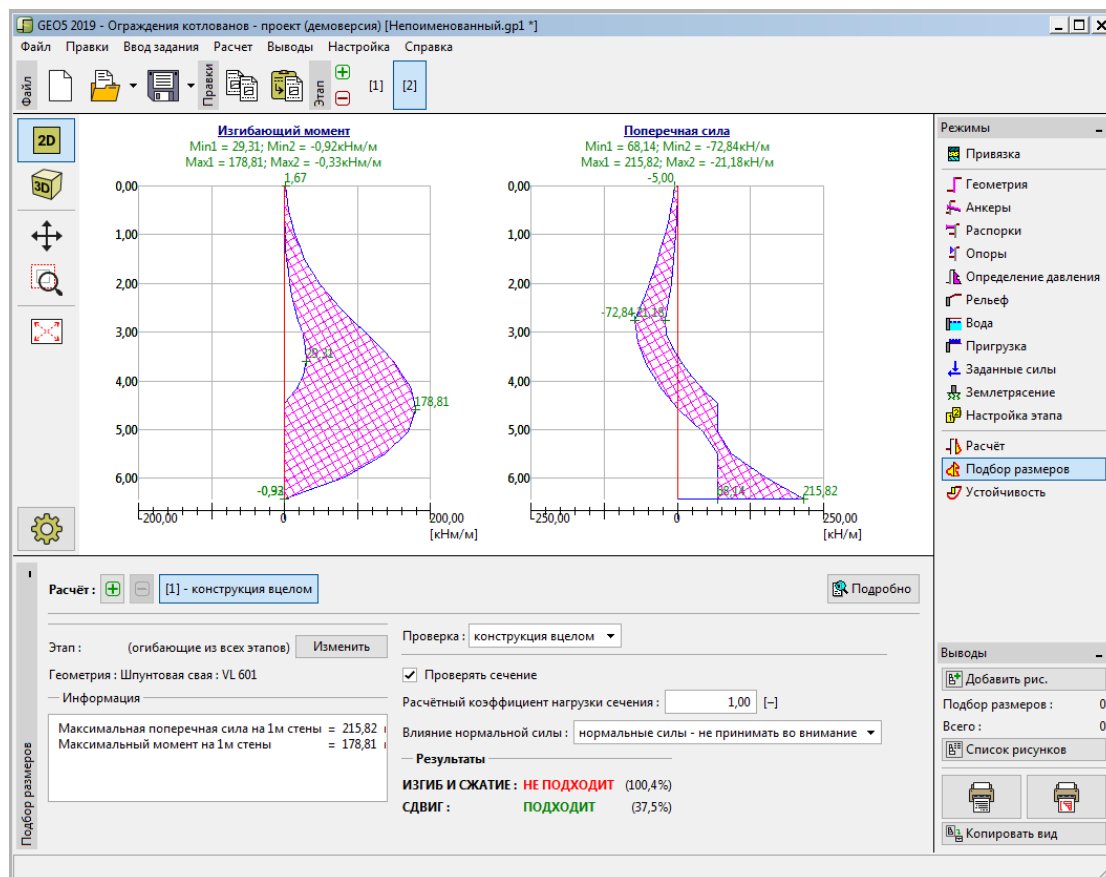


Вкладка "Расчет" - этап проектирования 2 - диалоговое окно "Проверка"

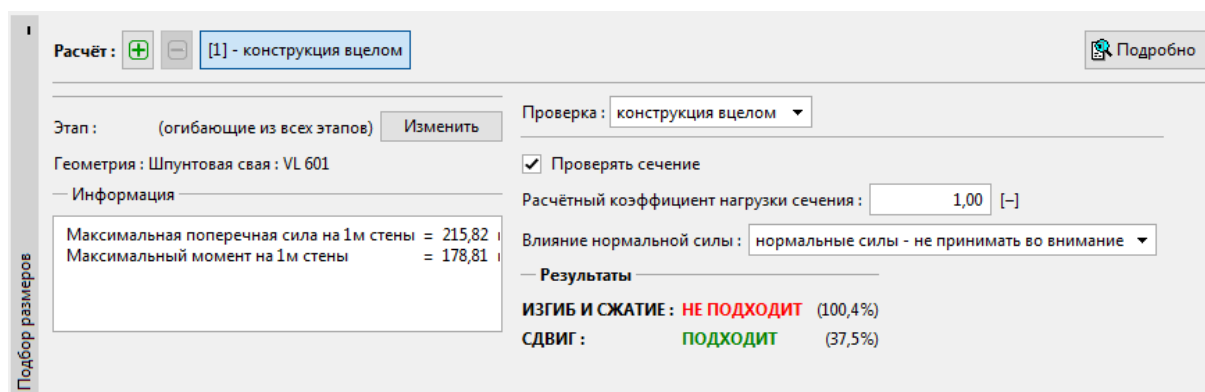
Далее необходимо проверить поперечное сечение шпунтового элемента на сжатие с изгибом и на срез.

## Проверка поперечного сечения

Необходимо перейти во вкладку "Подбор размеров"



Вкладка "Подбор размеров"

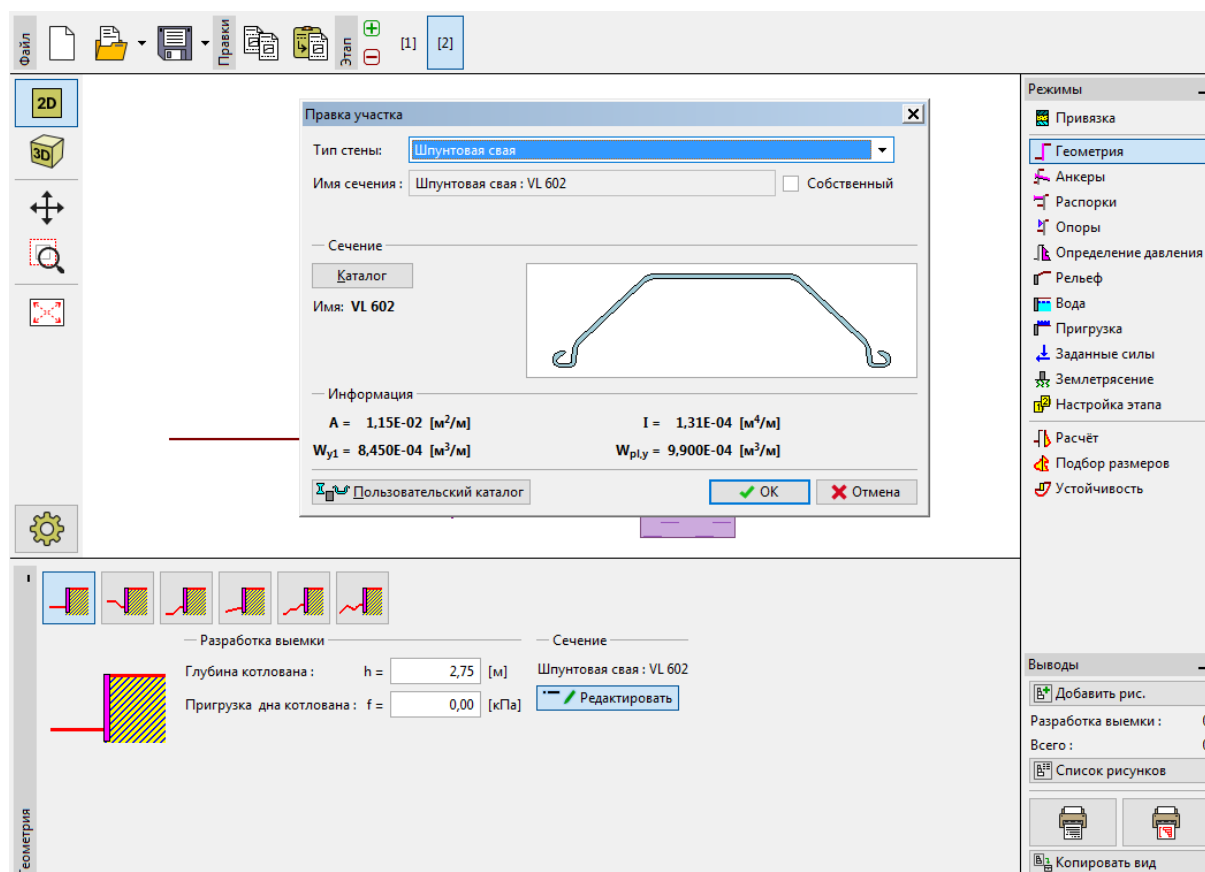


Вкладка "Подбор размеров" - результаты проверки

Примечание: максимальные значения внутренних усилий для всех этапов проектирования отображены во вкладке "Подбор размеров". Если необходимо использовать результаты отдельных этапов проектирования, следует выбрать их нажатием кнопки "Изменить"

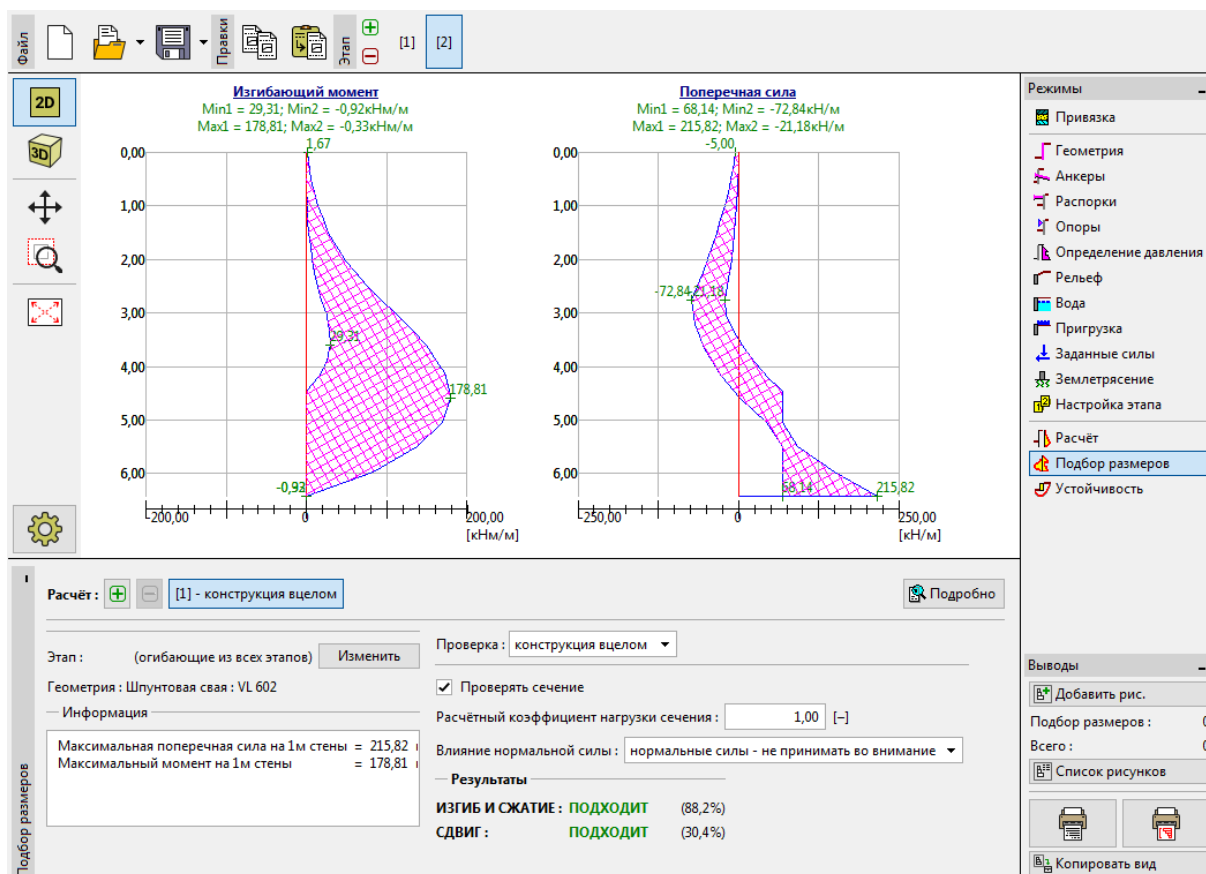
Видно, что текущее поперечное сечение не проходит проверку на сжатие с изгибом, использование превышает 100%. Подробные результаты могут быть получены нажатием на кнопку "Подробнее"

В связи с невыполнением условия, необходимо вернуться во вкладку "Геометрия" и выбрать больший типоразмер шпунта - VL 602.

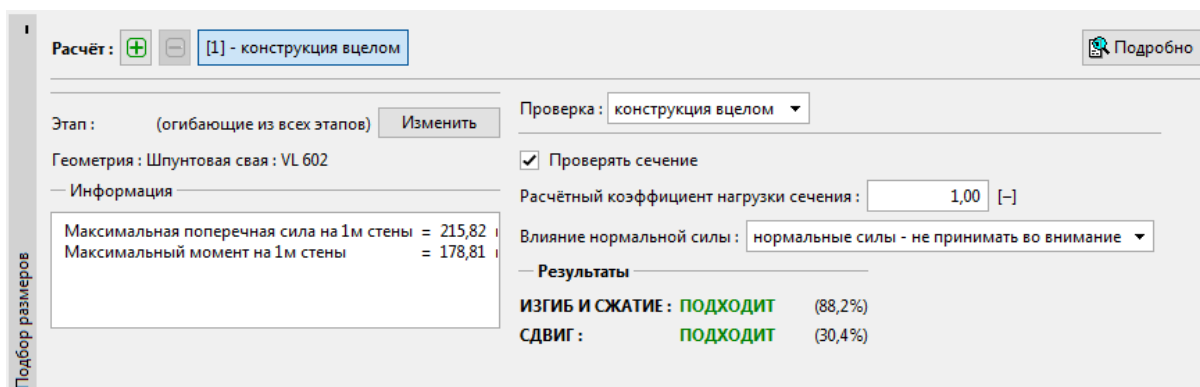


Вкладка "Геометрия" - изменение поперечного сечения

После изменения поперечного сечения следует вернуться во вкладку "Подбор размеров". Новое увеличенное поперечное сечение проходит проверку.



Вкладка "Подбор размеров" - проверка нового поперечного сечения



Вкладка "Подбор размеров" - результаты проверки

Примечание: изменение поперечного сечения не влияет на расчет внутренних усилий. Жесткость конструкции будет влиять на результат в программе "Ограждение котлованов - Анализ", которая может использоваться для расчета более сложных анкерных конструкций.



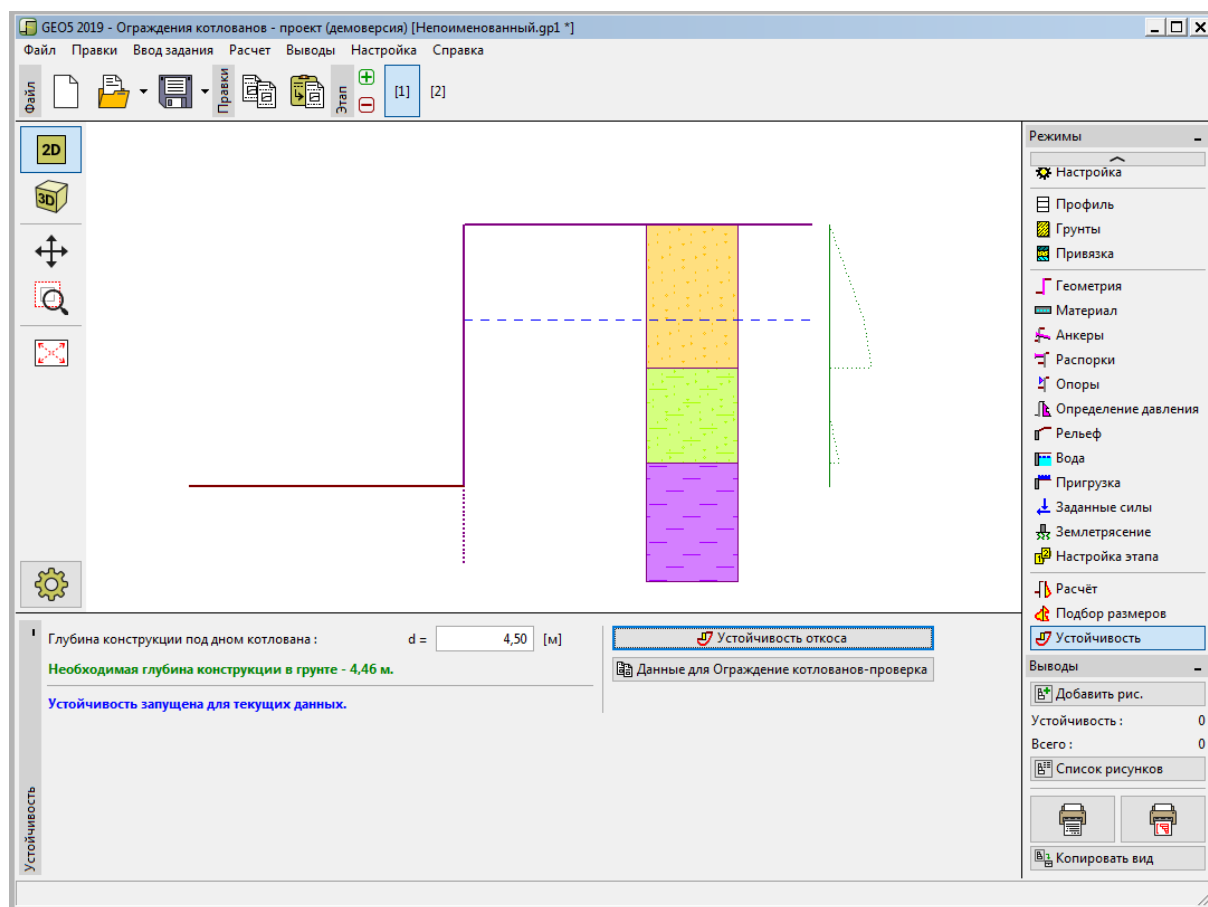
## Проверка устойчивости

Теперь необходимо проверить общую устойчивость сооружения. Эта проверка выполняется во вкладке "Устойчивость".

В этой вкладке программа определяет минимальную глубину заделки в основание. Расчет устойчивости должен выполняться для каждого этапа проектирования.

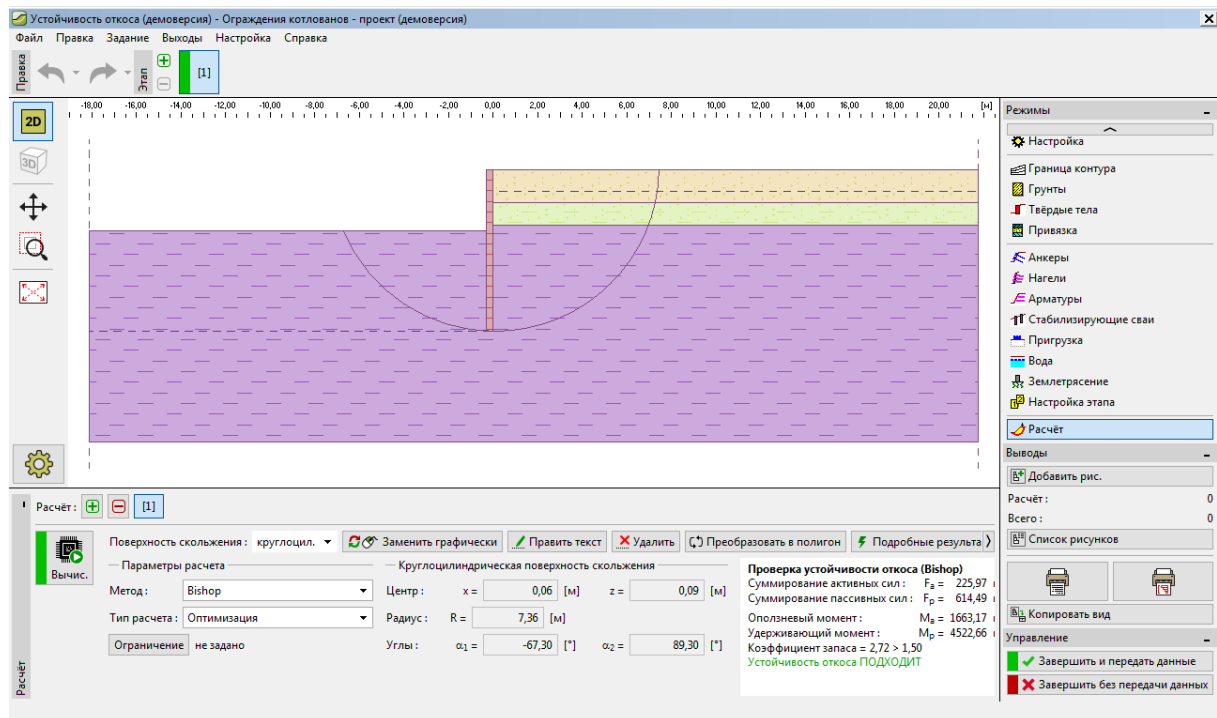
Минимальная заделка сооружения (на основании расчета второго этапа проектирования) составляет 4,46 м. В связи с этим величина заделки принимается равной 4,5 м.

Вначале необходимо выполнить расчет для первого этапа проектирования.



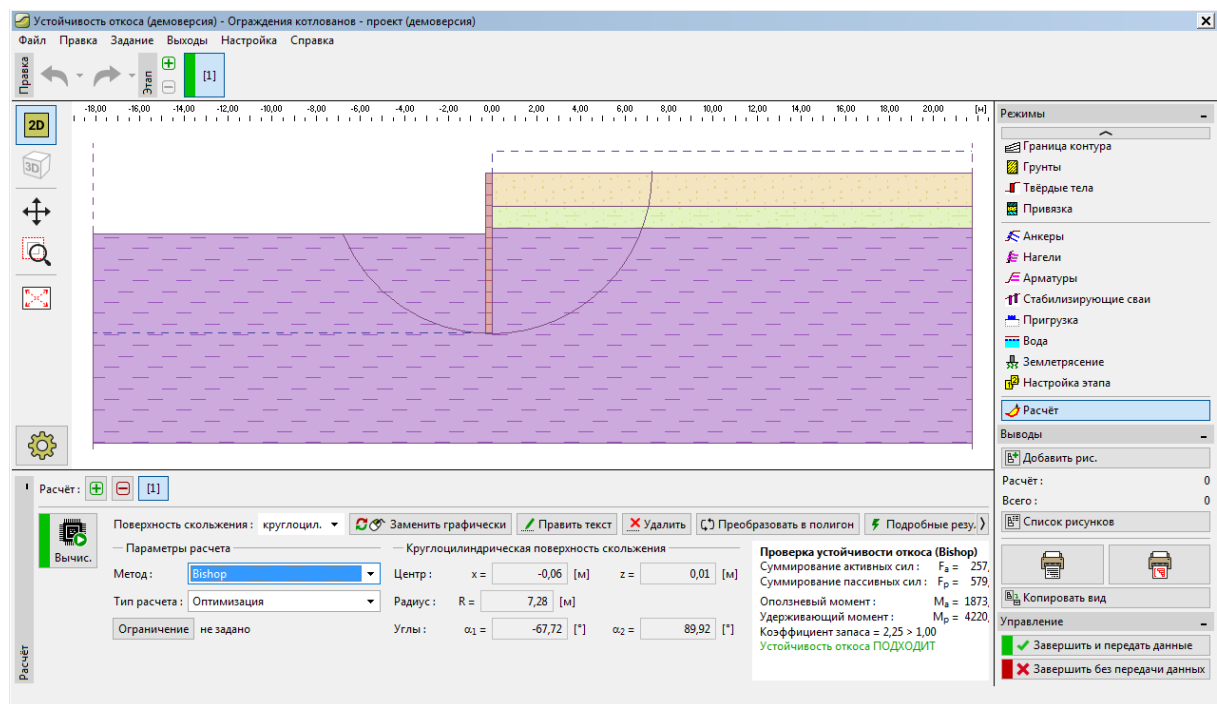
*Вкладка "Устойчивость" - этап проектирования 1*

Нажатие кнопки "Устойчивость" запускает программу "Устойчивость откоса". Все входные параметры автоматически переносятся в эту программу. Необходимо перейти во вкладку "Расчет", выбрать метод Бишопа для круглоцилиндрических поверхностей скольжения с оптимизацией и нажать кнопку "Вычислить".



Программа "Устойчивость откоса" - вкладка "Расчет" (этап проектирования 1)

После завершения расчета для первого этапа проектирования следует нажать кнопку "Завершить и передать данные" в правом нижнем углу экрана. Далее выполняется расчет второго этапа проектирования.



Программа "Устойчивость откоса" - вкладка "Расчет" (этап проектирования 2)

## Результаты расчета и выводы

Необходимо было выполнить расчет шпунтовой стенки для ограждения котлована глубиной 2,75 м.

При расчете безанкерных подпорных стенок определяется минимальная величина заделки в основание. Глубина определяется как максимальное значение для двух этапов проектирования:

- минимальная глубина заделки на первом этапе: 2,79 м
- минимальная глубина заделки на втором этапе: 4,46 м

Таким образом, рассчитывается шпунтовая стенка с заделкой 4,5 м и общей длиной 7,25 м (4,5 м + 2,75 м).

Эта конструкция удовлетворяет требованиям общей устойчивости. Максимальное использование не превышает 60%.

Изначально запроектированное поперечное сечение шпунта типа *VL 601* не удовлетворяло проверке на действие изгибающего момента. В связи с этим поперечное сечение было заменено большим типоразмером *VL 602*.

**Шпунтовая стенка (поперечное сечение типоразмера *VL 602*, сталь *S 240 GP*) с общей длиной 7,25 м удовлетворяет всем требованиям.**