

Осадка основания круглого хранилища

Программа: МКЭ

Файл: Demo_manual_22.gmk

Целью данного руководства является описание расчета осадки фундамента круглого хранилища с использованием метода конечных элементов и модуля осевой симметрии.

Описание задачи

Необходимо определить осадку фундамента круглого хранилища (толщина стенок 0,5 м, диаметр 20,0 м), вызванную полным заполнением хранилища, то есть дополнительной нагрузкой $q = 150$ кПа. Далее следует определить общую осадку хранилища после его опорожнения. Геологический разрез, включая параметры грунта, идентичен рассмотренному в предыдущей задаче (Глава 21. Расчет осадки поверхности, вызванной полосовой нагрузкой). В данном случае следует использовать **осевую симметрию**. Фундамент круглого хранилища выполнен из железобетона класса С 20/25.

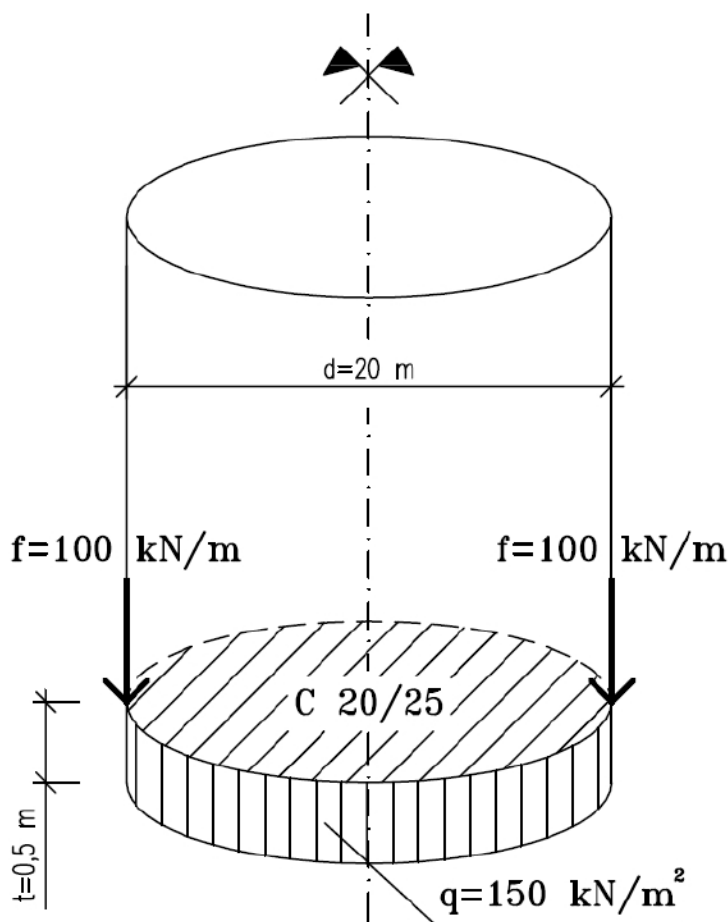


Схема условия задачи - фундамент круглого хранилища

В этом случае величины общих вертикальных перемещений, то есть осадка d_z [мм] будет определяться только с использованием модели Mohr-Coulomb. Сравнение с другими моделями материалов с различной сеткой проводилось в предыдущей Главе 21. Расчет осадки поверхности, вызванной полосовой нагрузкой.

Решение

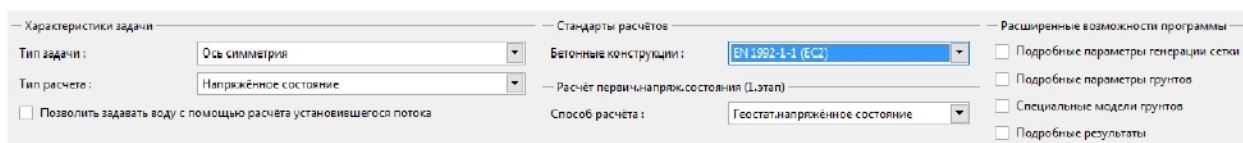
Для расчета будет использоваться программа GEO 5 - МКЭ. Пошаговое решение этой задачи будет описано ниже:

- Топология: ввод исходных данных и моделирование задачи (свободные точки);
- Этап проектирования 1: расчет геостатического напряжения;
- Этап проектирования 2: моделирование и приложение нагрузок на балочные элементы, расчет осадки;
- Этап проектирования 3: расчет осадки поверхности после разгрузки, внутренние усилия;
- Вывод результатов: сравнение, заключение.

Примечание: для решения данной задачи фундамент хранилища из железобетона будет представлен балочными элементами без контактных элементов, то есть в предположении полного сцепления между фундаментом и основанием. Использование контактных элементов будет рассмотрено подробно в Главе 24. Численный расчет шпунтового ограждения.

Топология: ввод исходных данных

В качестве типа задачи будет использоваться "осевая симметрия". Все остальные параметры остаются без изменений.



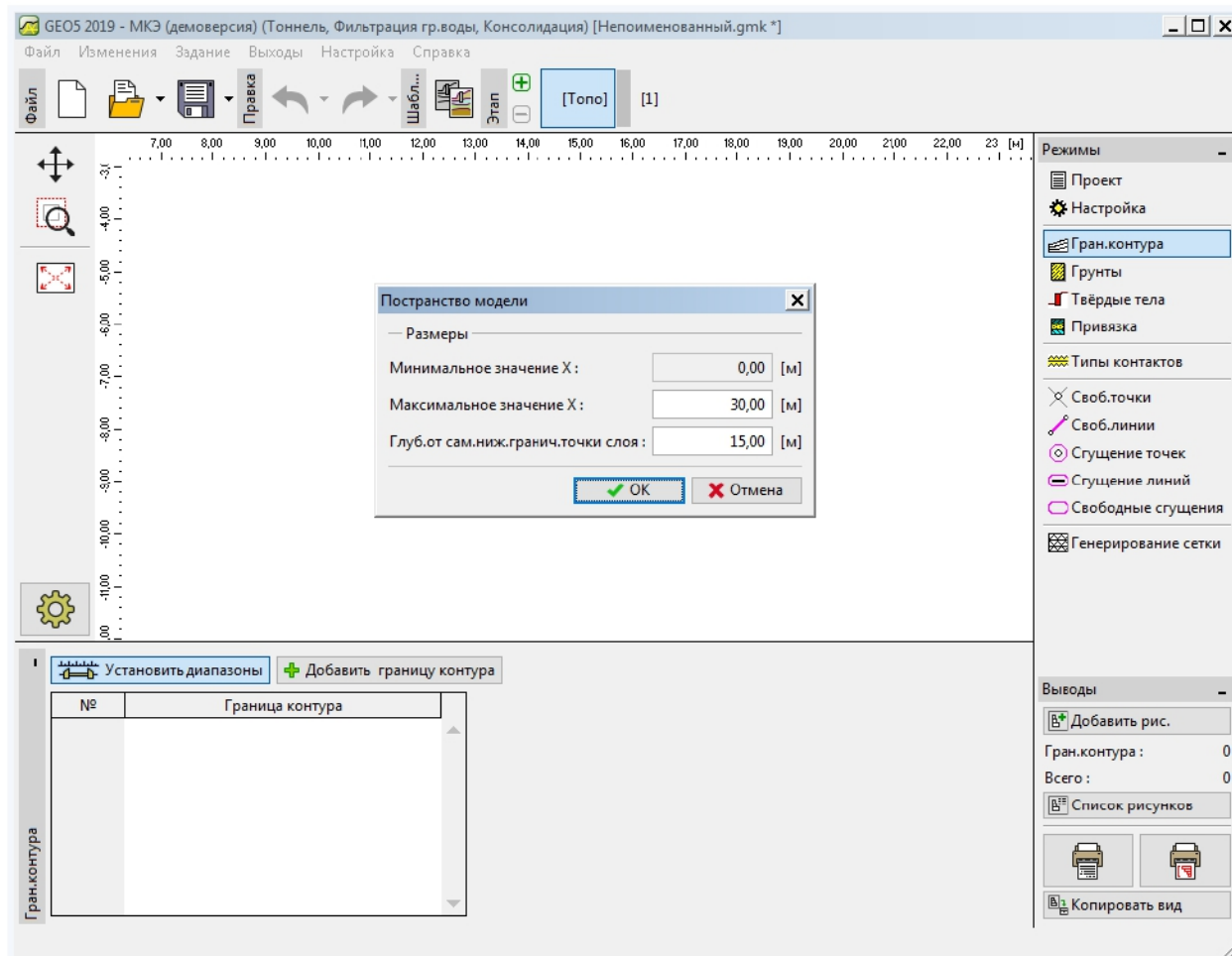
Исходные данные задачи

Примечание: осевая симметрия подходит для решения задач, симметричных относительно оси вращения. Это предположение должно удовлетворяться как геометрической формой сооружения, так и нагрузкой. Решение данной задачи - основания круглого хранилища - является подходящим примером.

Решение выполняется для дуги, угловой размер которой составляет 1 рад, а радиус – $x(r)$. Ось симметрии всегда совпадает с началом координаты $x(r)$. Сдвиговыми составляющими деформации в направлении вращения можно пренебречь. Наряду с рассмотрением компонент деформаций и напряжений в плоскости сечения, учитывается

развитие тангенциальных нормальных напряжений и деформаций (более подробная информация в Справке – F1).

Во вкладке "Границы контура" задаются новые размеры пространства модели. Далее задаются координаты первой точки границы контура [10, 0]. Следующая точка границы контура (на краях) будет добавлена программой автоматически.



Вкладка "Границы контура" + диалоговое окно "Пространство модели"

Далее могут быть заданы параметры грунта, данный грунт присвоен области №1. В этом конкретном случае не рассматриваются ни жесткие тела, ни типы контактов.

Добавление новых грунтов

Идентификация

Имя : Soil No.1

Материальная модель

Материальная мод Mohr - Coulomb

Базовые данные

Удельный вес : $\gamma =$ 19,00 [кН/м³]

Модуль упругости E = 15,00 [МПа]

Жёсткость с глуби: постоянный

коэфф.Пуассона : $\nu =$ 0,35 [-]

Подъёмная сила

Расчёт взвешив.уси стандартный

Уд. вес водонасыщ $\gamma_{sat} =$ 21,00 [кН/м³]

Модель Mohr - Coulomb

Модуль разгрузки/ $E_{ur} =$ 45,00 [МПа]

Угол внутреннего трения $\varphi_{ef} =$ 29,00 [°]

Удельное сцеплени $c_{ef} =$ 8,00 [кПа]

Угол дилатансии : $\psi =$ 0,00 [°]

Отображение

Pattern category : GEO

Search :

Subcategory : Soils (1 - 16)

Pattern :

11 Лёгкая супесь

Color :

Background :

automatic

Saturation <10 - 90> : 50 [%]

Классификация

Определи

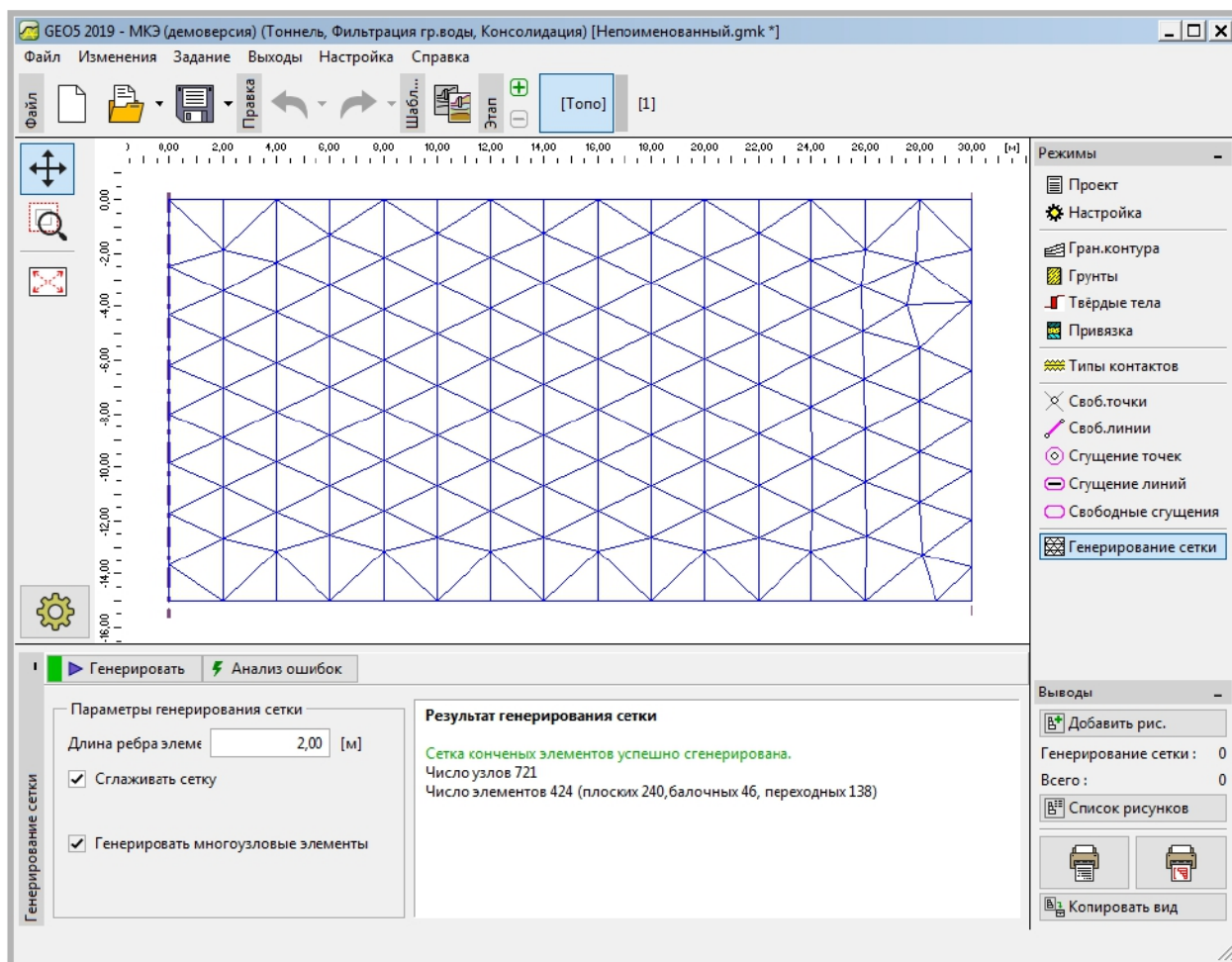
Стереть

+ Добавить

✗ Отмена

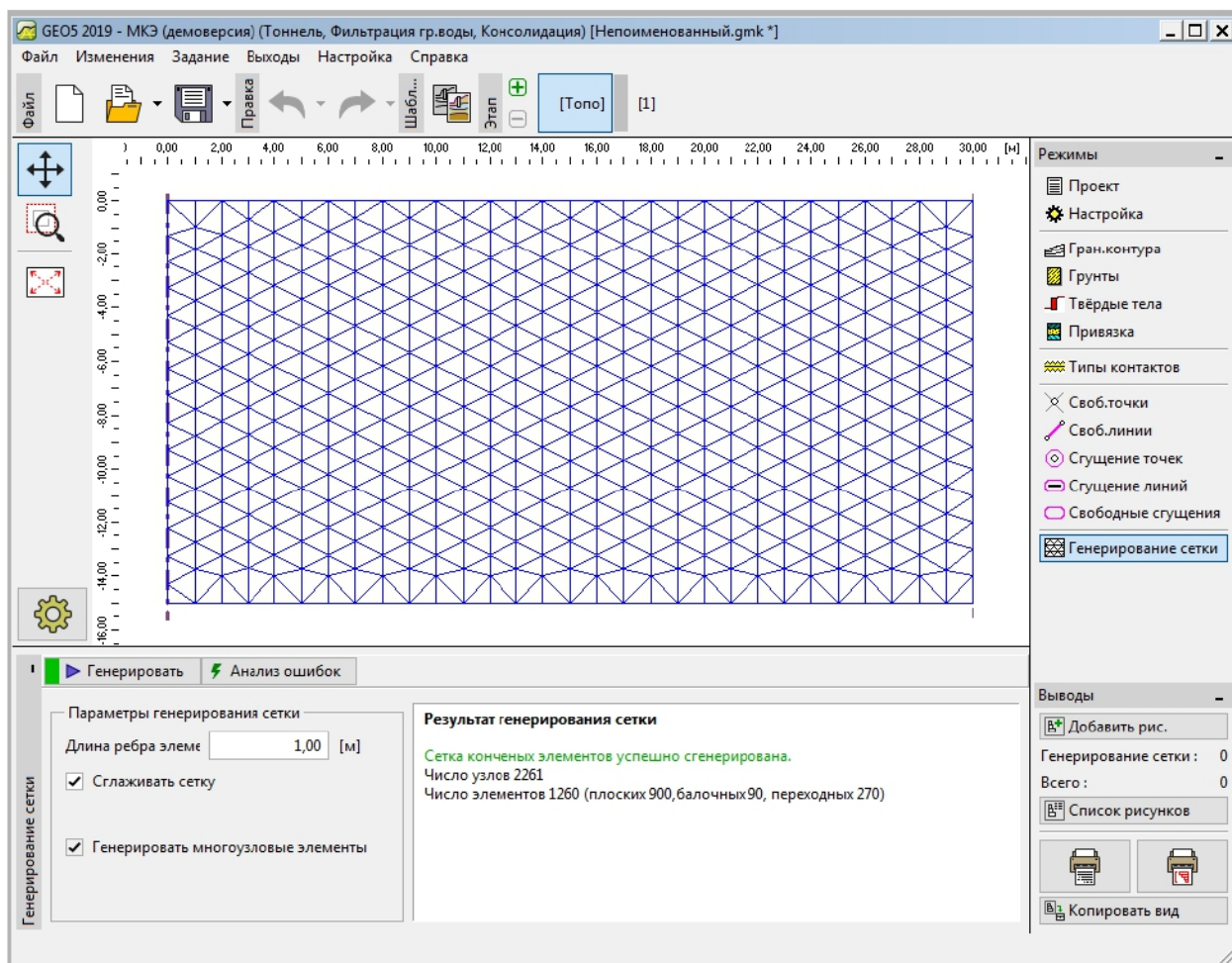
Диалоговое окно "Добавление новых грунтов"

Для создания сетки сначала используются элементы с длиной стороны 2,0 м.



Вкладка "Создание сетки" - Треугольная разбивка элементами с длиной стороны 2,0 м

При рассмотрении полученной сетки видно, что для данной задачи разбивка слишком крупная. В связи с этим длина элементов сетки уменьшается до 1,0 м.

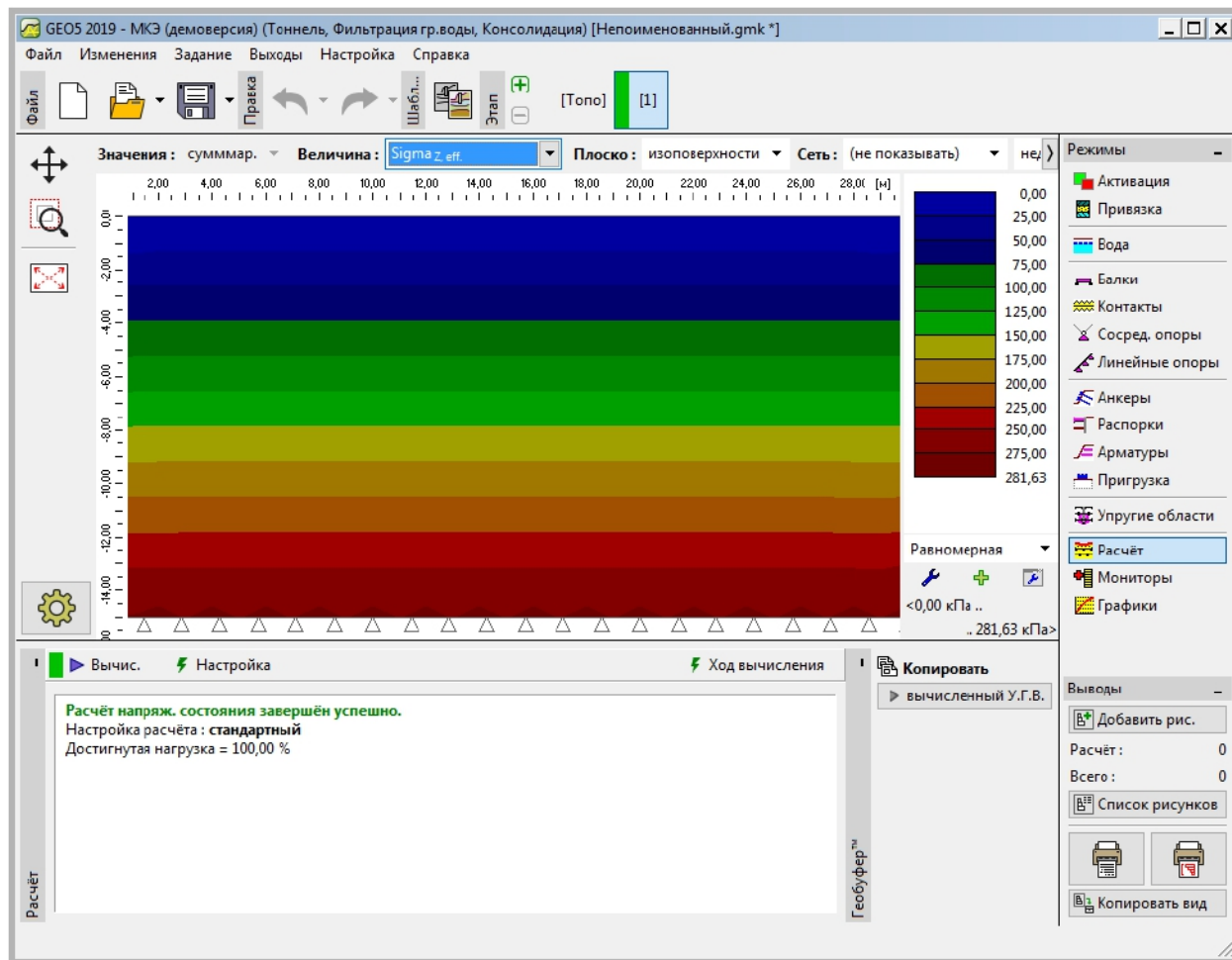


Вкладка "Создание сетки" - Треугольная разбивка элементами с длиной стороны 1,0 м

Примечание: здесь логично увеличить плотность сетки, используя функцию измельчения сетки вдоль линий для области под фундаментом круглого хранилища, для которого выполняется расчет (более подробная информация в Справке – F1). Данная функция будет описана подробно в следующей Главе 23. Расчет обделки коллектора.

Этап проектирования 1: расчет геостатического напряжения

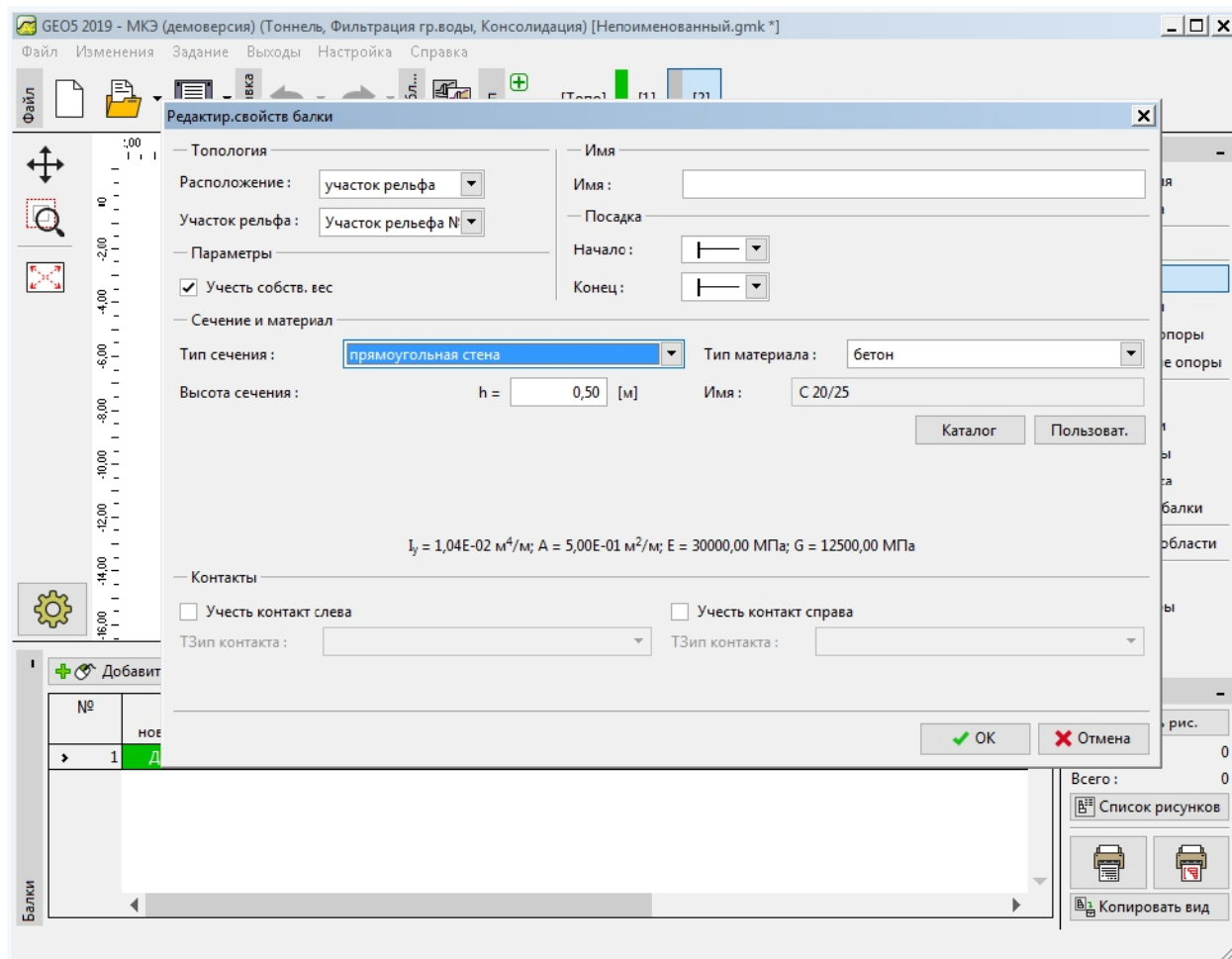
После завершения разбивки сетки КЭ, можно перейти к Шагу 1 и выполнить расчет геостатического напряжения. Параметры расчета принимаются по умолчанию (более подробная информация в Справке – F1).



Вкладка "Расчет" - Этап проектирования 1

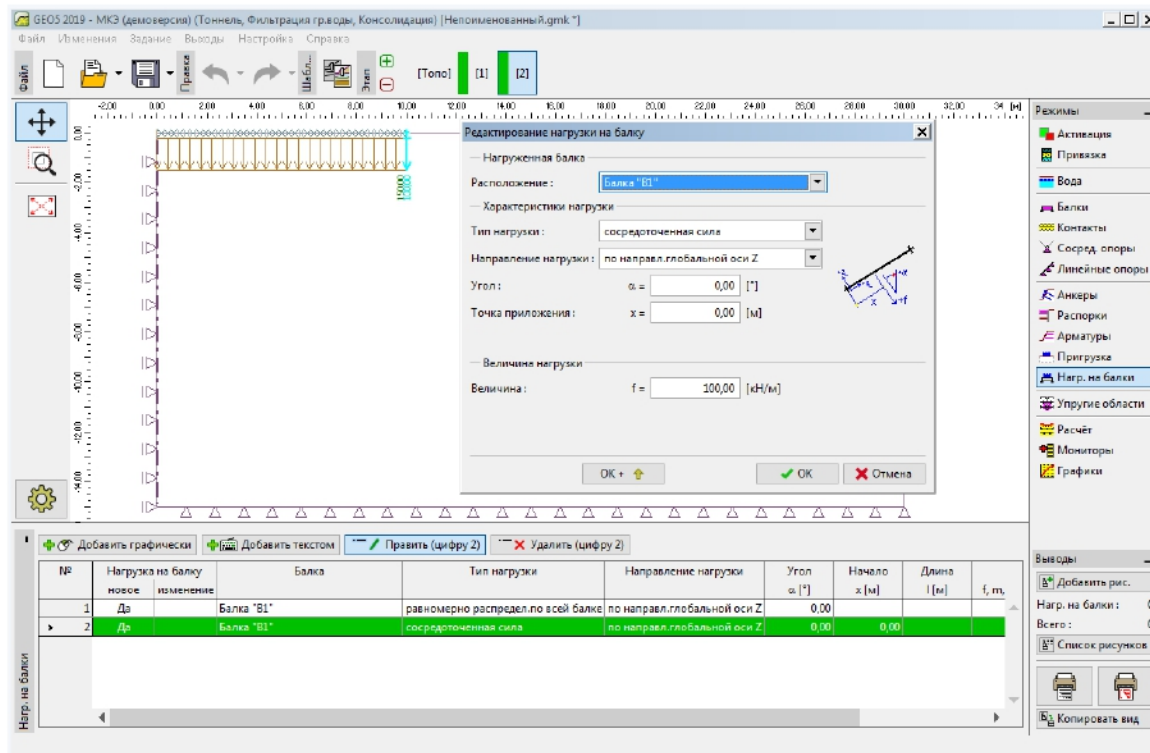
Этап проектирования 2: моделирование и приложение нагрузки к балочным элементам

Следующим шагом добавляется этап проектирования 2. Далее, во вкладке "Балки", определяются следующие параметры: положение балки, материал и класс бетона, высота поперечного сечения (0,5 м) и условия опирания (более подробная информация в Справке – F1).



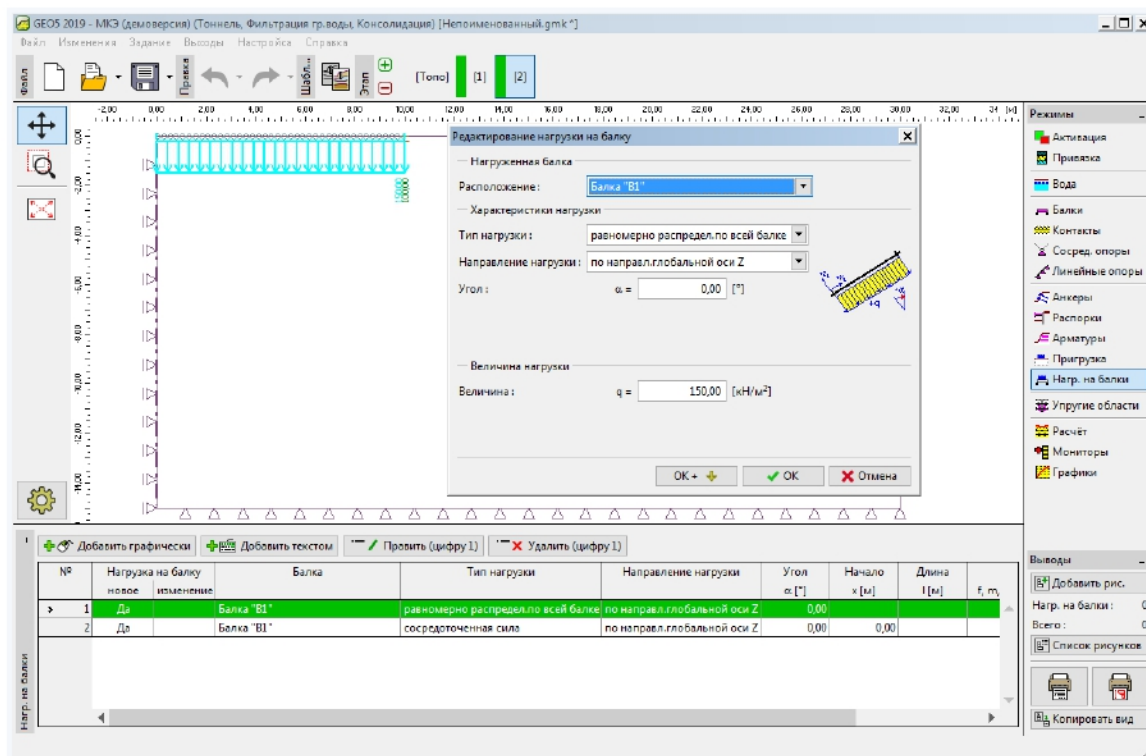
Диалоговое окно "Редактирование свойств балки" - Этап проектирования 2

Далее следует перейти во вкладку "Нагрузки на балки" и задать нагрузку интенсивностью $f = 100 \text{ кН/м}$; эта нагрузка отражает собственный вес круглого хранилища, приложенный к фундаменту.



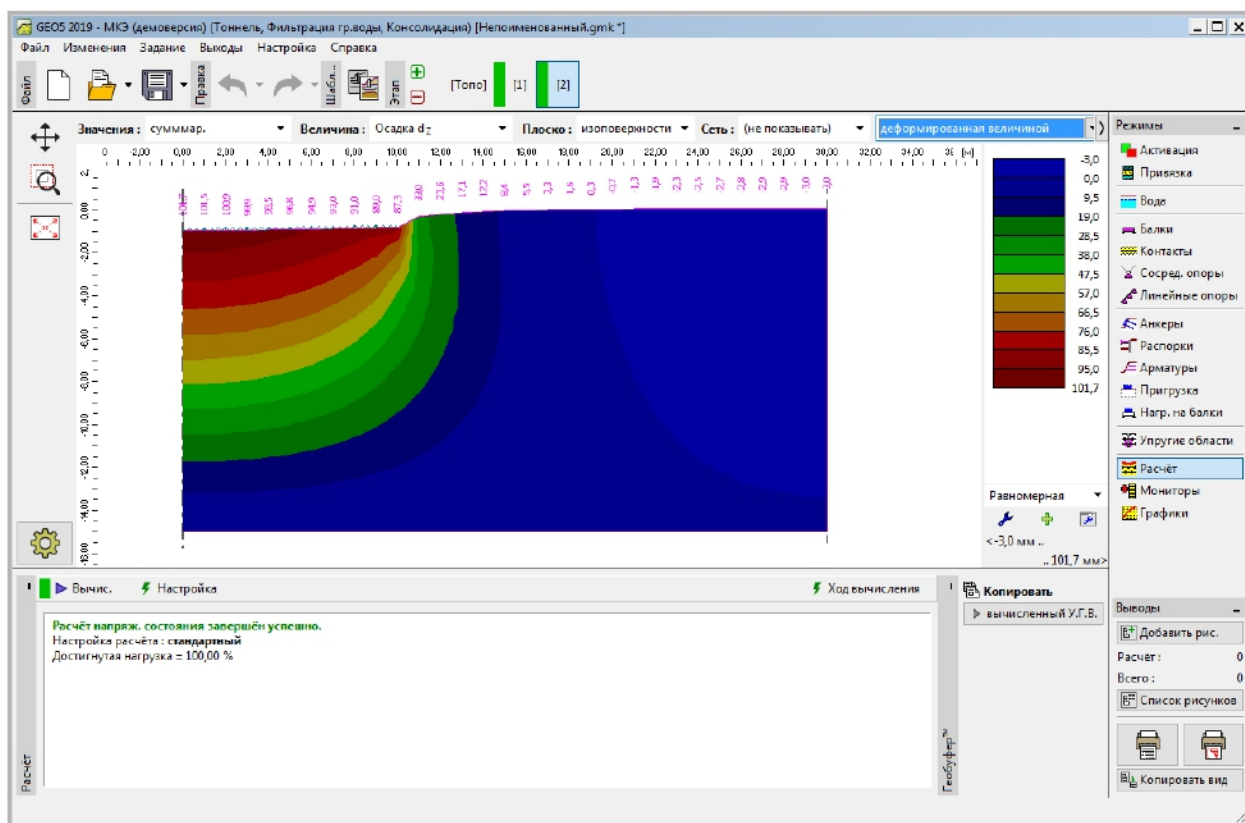
Диалоговое окно "Нагрузки на балки" - нагрузки от стен, приложенные к круглому фундаменту

Далее задается постоянная равномерно распределенная нагрузка $q = 150$ кПа, отражающая заполнение круглого хранилища и действующая на его дно, или верхний обрез фундамента.



Диалоговое окно "Нагрузки на балки" - нагрузка на круглый фундамент от заполнения хранилища

На этом этапе следует снова выполнить расчет и просмотреть полученные значения осадок d_z [мм]. Из диаграммы следует, что максимальное вертикальное перемещение составляет 102,0 мм. Для более наглядного представления работы сооружения можно отобразить деформированную сетку (кнопка в верхней части экрана).

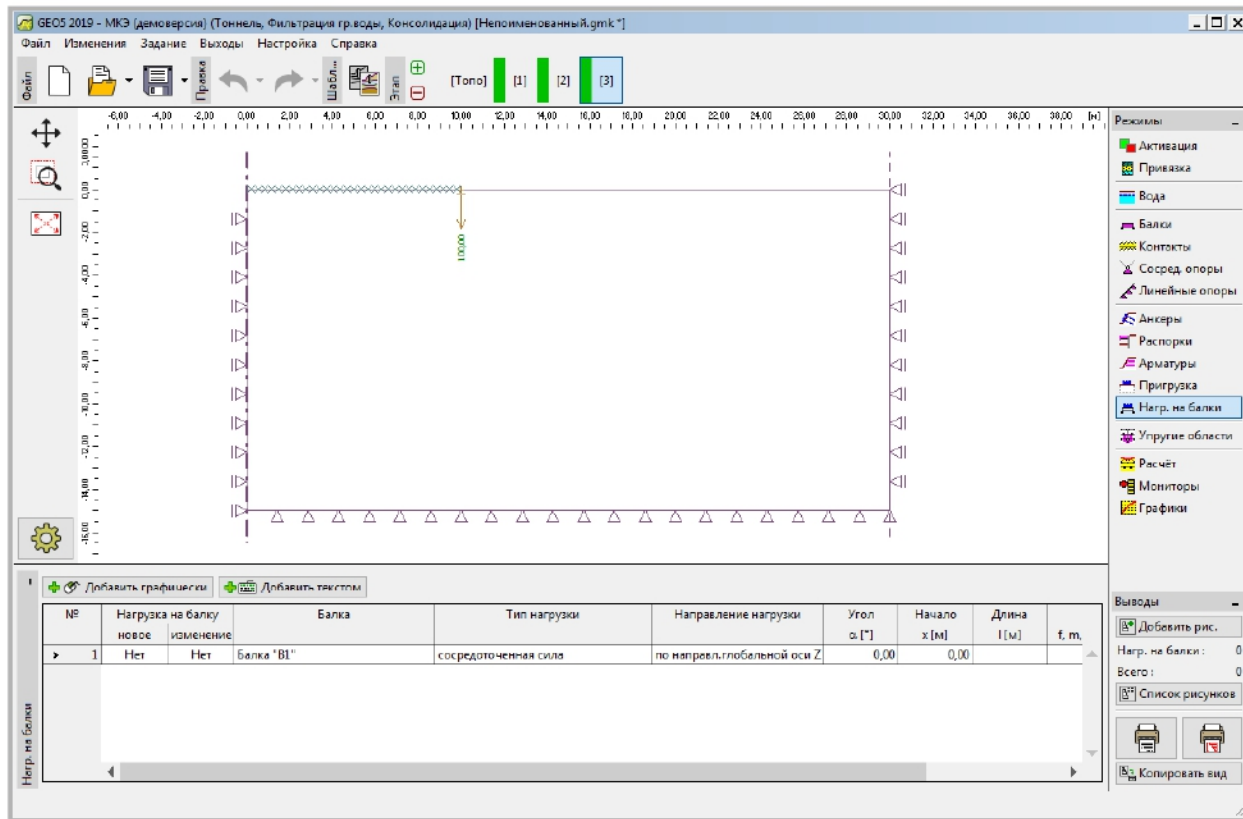


Вкладка "Расчет" - Этап проектирования 2 (вертикальные перемещения d_z и мутьда оседания)

Следует нажать кнопку "Параметры" и отметить опции "Мутьда оседания" и "Значения" во вкладке "Мутьда оседания" (более подробная информация в Справке – F1).

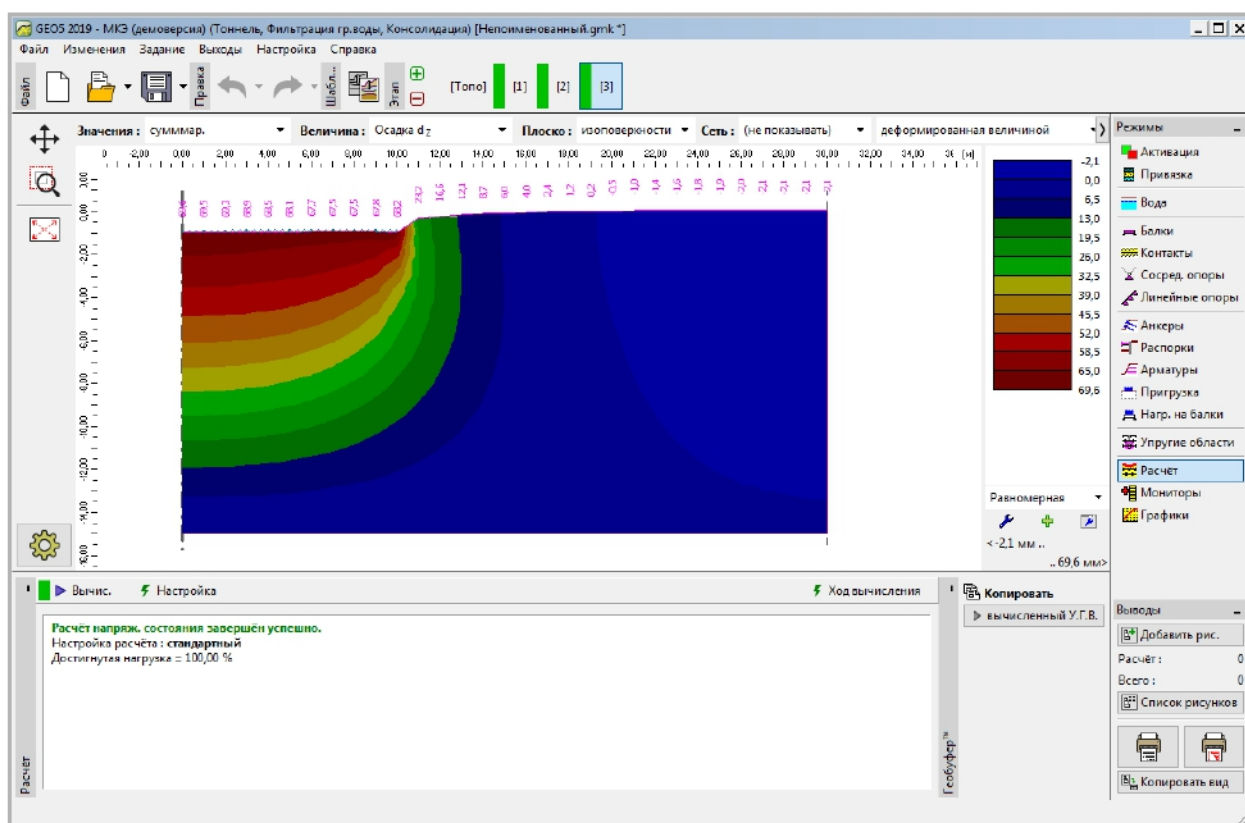
Этап проектирования 3: разгрузка поверхности, внутренние усилия

Следующим шагом добавляется этап проектирования 3. На этом этапе проектирования удаляется равномерно распределенная нагрузка. Следовательно, рассматривается только нагрузка на балку от стен круглого хранилища, которая полностью совпадает с заданной на предыдущем этапе проектирования, т.е. $f = 100 \text{ кН/м}$.



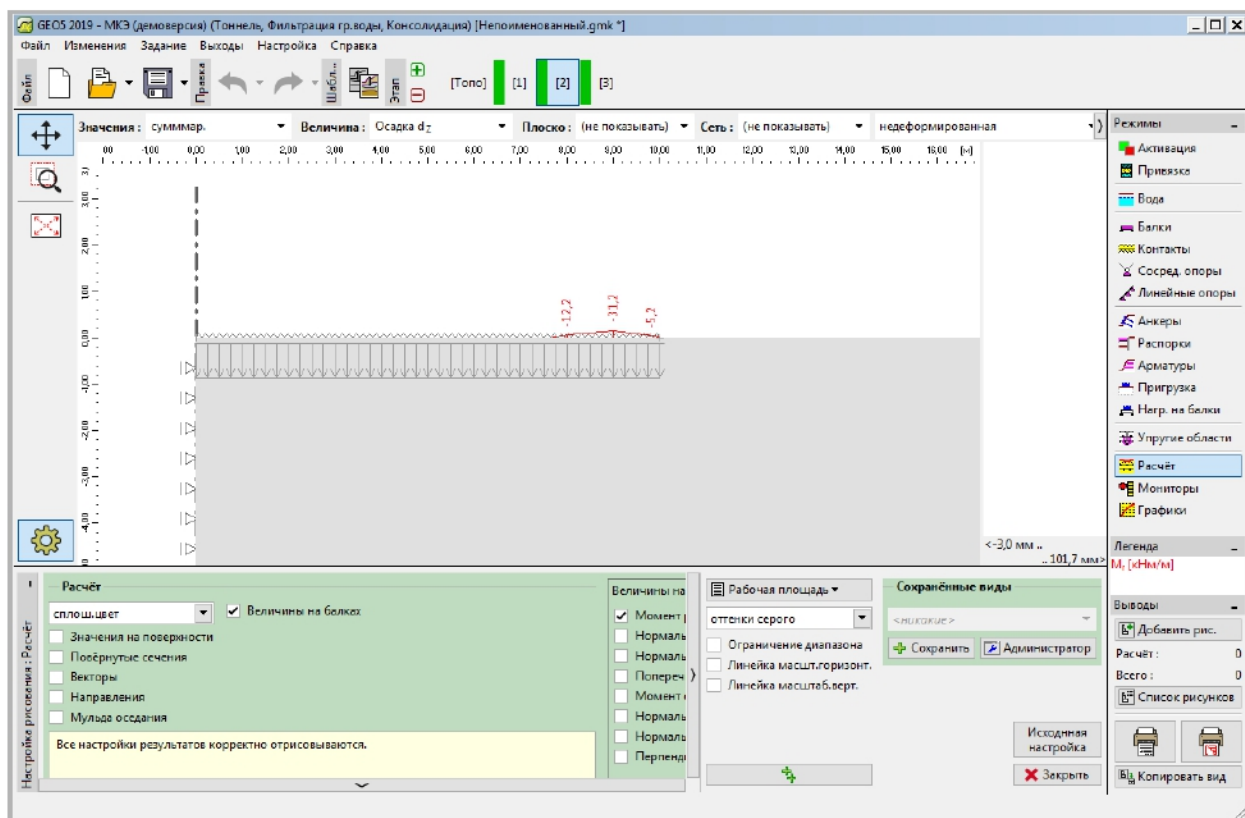
Вкладка "Нагрузки на балки" - Этап проектирования 3

Далее расчет повторяется для определения величины перемещений. Значение полной осадки поверхности после разгрузки d_z составляет 69,6 мм.

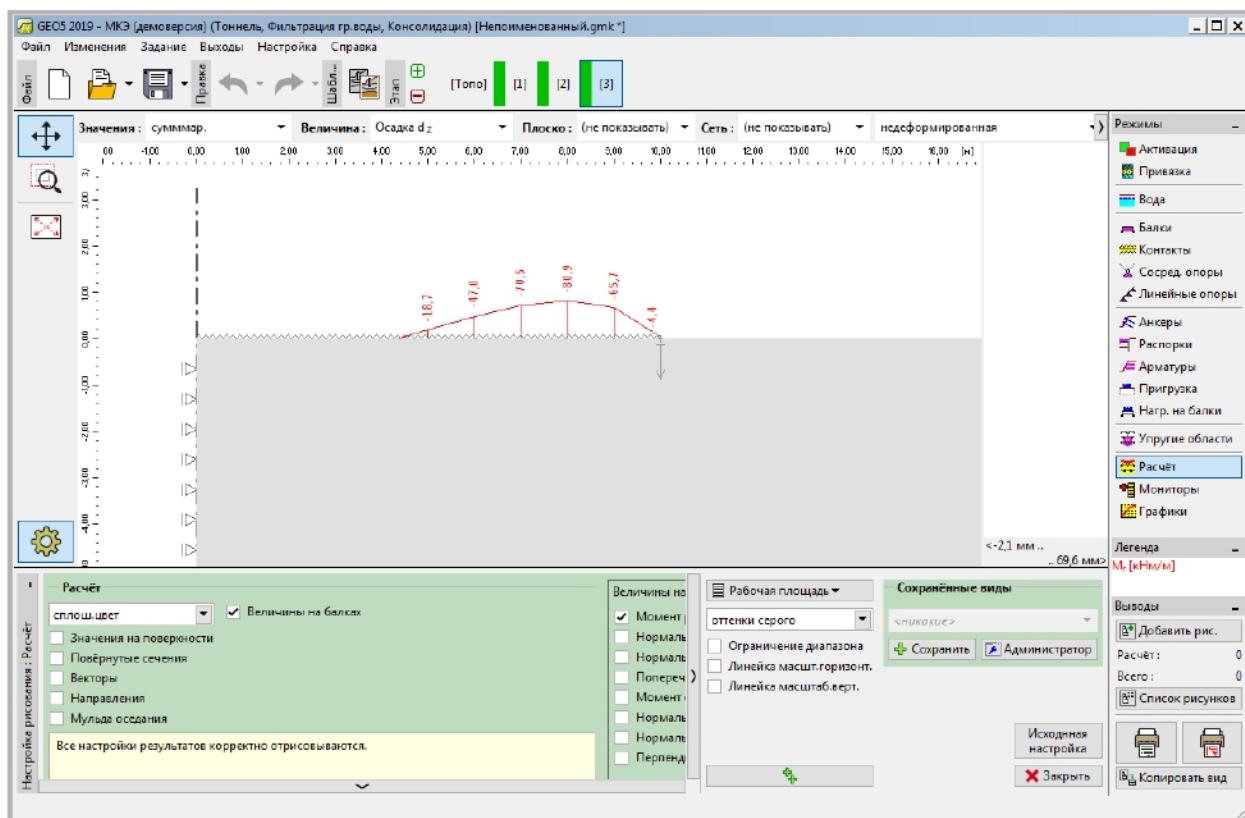


Вкладка "Расчет" - Этап проектирования 3 (вертикальные перемещения d_z и мутьда оседания)

Теперь можно просмотреть эпюры радиальных моментов M_r [кНм/м] на этапах проектирования 2 и 3 (используя кнопку "Настройки" и вкладку "Величины на балках") и сохранить значения в экстремумах в табличном виде. Основное армирование фундамента круглого хранилища может быть рассчитано на основании этих значений в отдельной программе (например, FIN EC - CONCRETE 2D).



Вкладка "Расчет" - Этап проектирования 2 (эпюра радиальных моментов M_r)



Отображение результатов

В следующей таблице приведены значения общей осадки d_z [мм] и радиальных моментов M_r [кНм/м] для этапов проектирования 2 и 3, на которых моделировалась загрузка и разгрузка фундамента круглого хранилища. Расчет выполнялся с использованием модели материала Mohr-Coulomb и сеткой треугольных конечных элементов с размером стороны 1,0 м.

Модель материала	Этап 2 d_z [мм]	Этап 3 d_z [мм]	Этап 2 M_r [кНм/м]	Этап 3 M_r [кНм/м]
Mohr-Coulomb (1,0 м)	101,7	69,6	+169,0	+66
			-31,2	-80,9

Сводная таблица значений общей осадки d_z и радиальных моментов M_r для отдельных этапов проектирования

Заключение

Из сводной таблицы полученных результатов могут быть сделаны некоторые выводы:

- когда хранилище заполнено (в результате действия равномерно распределенной нагрузки) положительный изгибающий момент преобладает по длине балки, растягиваются ее нижние волокна;
- после опорожнения хранилища (в результате разгрузки), круглый фундамент загружен только стенами хранилища. Вдоль длины балки преобладает отрицательный момент, растянуты ее верхние волокна