

## Расчет консолидации грунта под насыпью

Программа: Осадка

Файл: Demo\_manual\_11.gro

В данном руководстве мы покажем, как рассчитывать консолидацию под проектируемой насыпью.

### Постановка задачи

Консолидация грунта учитывает время осадки (расчет деформации грунта) при условии внешнего (постоянного или переменного) нагружения. Это нагружение приводит к увеличению напряжений в массиве грунта и постепенному выдавливанию воды из пор, т. е. к консолидации грунта.

Первичная консолидация соответствует ситуации, при которой происходит полная диссипация (рассеивание) порового давления в грунте; вторичная консолидация есть следствие проявления реологических процессов в скелете грунта (так называемый "эффект ползучести"). Это зависящий от времени процесс, на который влияют многие факторы (например, проницаемость и сжимаемость грунта, длина участков фильтрации и др.). С учетом степени их влияния на консолидацию мы выделяем следующие случаи осадки грунта:

- окончательная осадка, соответствующая 100% консолидации от заданной нагрузки,
- частичная осадка, соответствующая заданной степени консолидации от приложенной нагрузки.

Для того, чтобы рассчитать осадку во времени, необходимо задать коэффициент фильтрации  $k$  или коэффициент консолидации  $c_v$ , который определяет скорость консолидации. Этот параметр может быть получен по результатам испытаний грунта в одометре (в соответствии с Casagrande или Taylor).

## Задача

Определить величину осадки под центром насыпи, проектируемой на водоупорных глинах, через один год и десять лет после возведения. Используя стандарты CSN 73 1001 (использование одометрического модуля), рассмотреть границу зоны влияния используя критерий коэффициента структурной прочности.

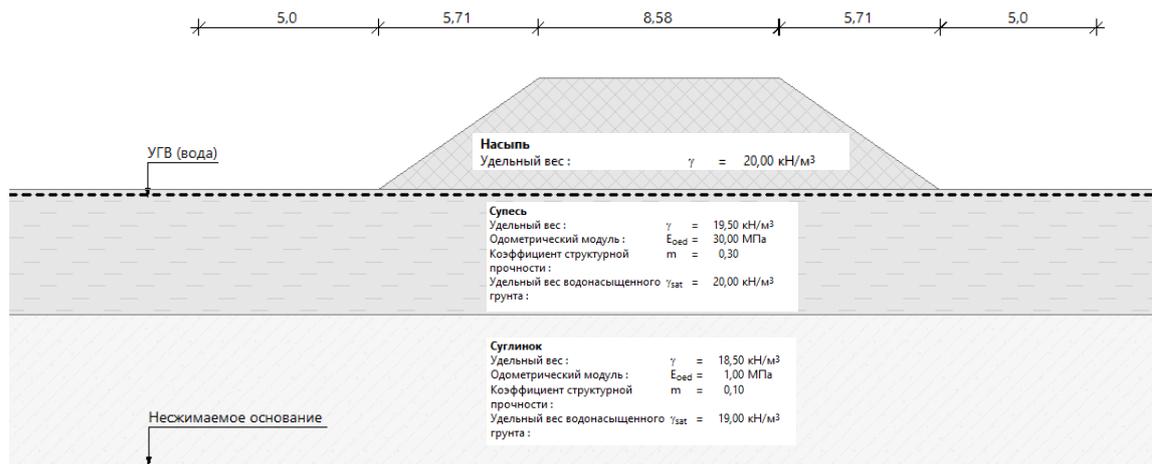


Схема насыпи – Постановка задачи

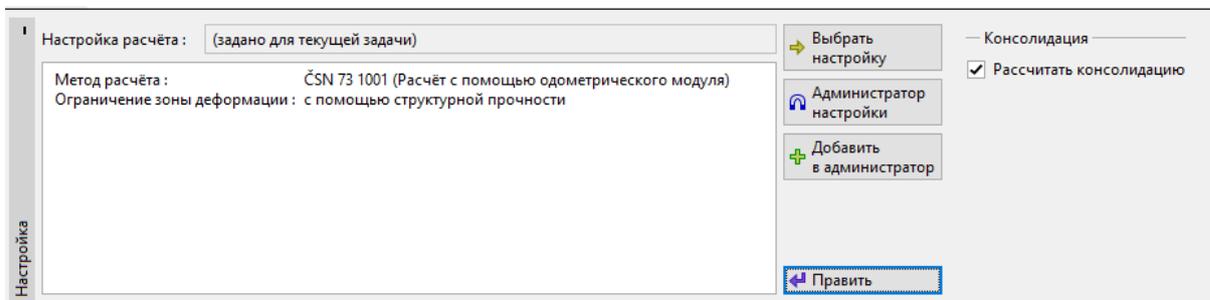
## Решение

Для решения задачи используется программа GEO5 «Осадка». Дальнейшее решение объясняется пошагово.

- 1<sup>й</sup> этап проектирования - задаются границы, вычисляются начальные геостатические напряжения
- 2<sup>й</sup> этап проектирования – добавляется нагрузка, создаваемая насыпью,
- 3<sup>й</sup> - 5<sup>й</sup> этап проектирования – расчет консолидации насыпи в различные интервалы времени (в соответствии с заданием)
- формирование отчета (заключения).

## Этап 1

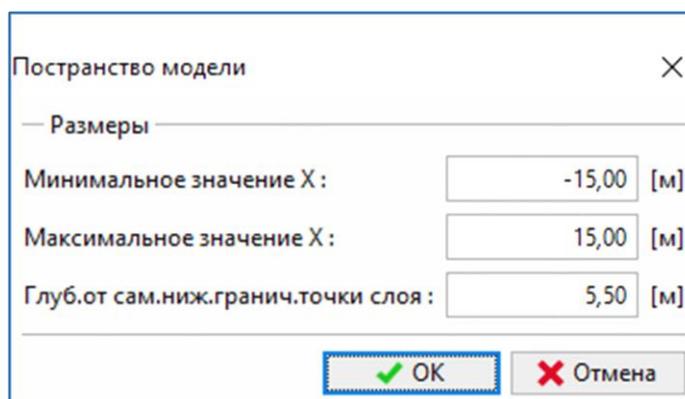
Прежде всего выберите опцию «Рассчитать консолидацию» в правом углу окна «Настройки». Затем нажмите на кнопку «Выбрать настройку» и выберите настройку №8 «Czech republic – old standards CSN». Эта настройка описывает метод для расчета осадки и деформаций в зоне влияния.



Диалоговое окно «Настройки»

*Замечание: Этот расчет рассматривает так называемую первичную консолидацию (рассеивание порового давления). Вторичную консолидацию (ползучесть), которая может быть рассчитана вручную для неконсолидированных и органических грунтов, в данном примере не рассматриваем.*

Далее задаем границы слоев во вкладке «Границы». Необходимо задать два слоя. Консолидация будет рассматриваться между этими двумя слоями. Во-первых, определимся с пространством задачи, используя кнопку «Установить диапазоны».



Задание диапазонов

Далее мы задаем границы между слоями грунта до глубины 4,5 метра, используя кнопку «Добавить границы» и добавляя точки текстом.

Добавить точки текстом

— Точки корректируем границы контура —

№	x [м]	z [м]
1	-15,00	0,00
2	15,00	0,00

ОК  
Измени граница контура

Отмена

Добавление границы 1

Добавить точки текстом

— Точки корректируем границы контура —

№	x [м]	z [м]
1	-15,00	-4,50
2	15,00	-4,50

ОК  
Измени граница контура

Отмена

Добавление границы 2

*Примечание: если рассматривается однородный грунт, то для расчета консолидации необходимо задать фиктивный слой (используя одинаковые параметры для двух слоев грунта, которые отделены границей), желательно до глубины зоны деформации.*

Затем переходим к опции «Несжимаемое основание», где зададим новый несжимаемый слой на глубине 10 метров, используя кнопку «Введи несжимаемое основание» и добавляя точки слоя аналогично тому, как задаем границы слоев. Под несжимаемым основанием осадки не будет.

Добавить точки текстом

Править точку (№ 1)

Удалить точку (№ 1)

— Точки корректируемого несжимаемого основания —

№	x [м]	z [м]
1	-15,00	-10,00
2	15,00	-10,00

ОК  
Измени несжимаемое основание

Отмена

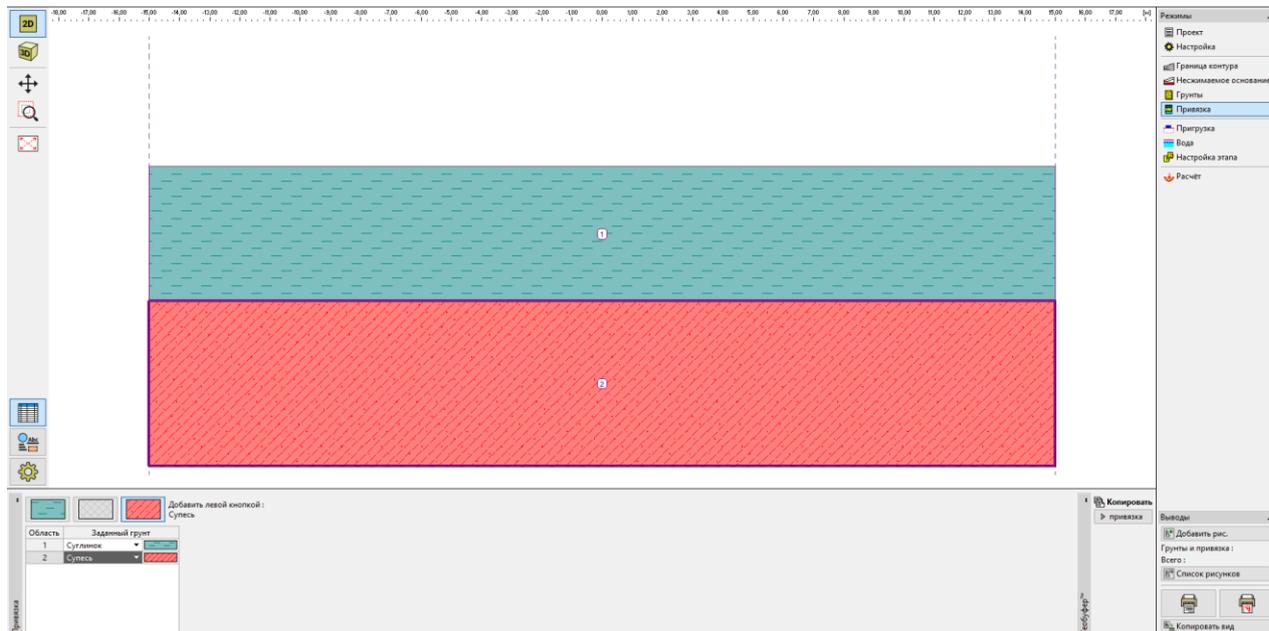
Окно «Несжимаемое основание»

На следующем шаге открываем вкладку «Грунты», где задаем характеристики грунта. Для грунтов, которые уплотняются, необходимо определить или коэффициент фильтрации  $k$ , или степень консолидации  $c_v$ . Ориентировочные значения могут быть найдены в Справке к программе (F1).

Таблица с характеристиками грунта

Грунт (классификация грунта)	Удельный вес $\gamma$ [кН/м <sup>3</sup> ]	Коэффициент Пуассона $\nu$ [-]	Одометрический модуль $E_{oed}$ [МПа]	Коэффициент структурной прочности $m$ [-]	Удельный вес водонасыщенного грунта $\gamma_{sat}$ [кН/м <sup>3</sup> ]	Коэффициент фильтрации $k$ [м/сут]
Суглинок	18,5	0,35	1,0	0,1	19,0	$1,0 \cdot 10^{-5}$
Насыпь	20,0	0,30	30,0	0,3	20,0	$1,0 \cdot 10^{-2}$
Супесь	19,5	0,30	30,0	0,3	20,0	$1,0 \cdot 10^{-2}$

Затем переходим во вкладку «Привязка», где выделяем грунты профиля следующим образом:



Диалоговое окно «Привязка»

Вкладка «Пригрузка» не рассматривается на 1<sup>ом</sup> этапе проектирования так, как это сделано в данном примере, она будет рассмотрена на теле насыпи (этапы со 2 по 5).

Следующим шагом открываем окно «Вода», где задаем уровень грунтовых вод (здесь и далее УГВ) добавлением границ точками в тексте, как в нашем случае, на уровне земли.

№	x [м]	z [м]
1	-15,00	0,00
2	15,00	0,00

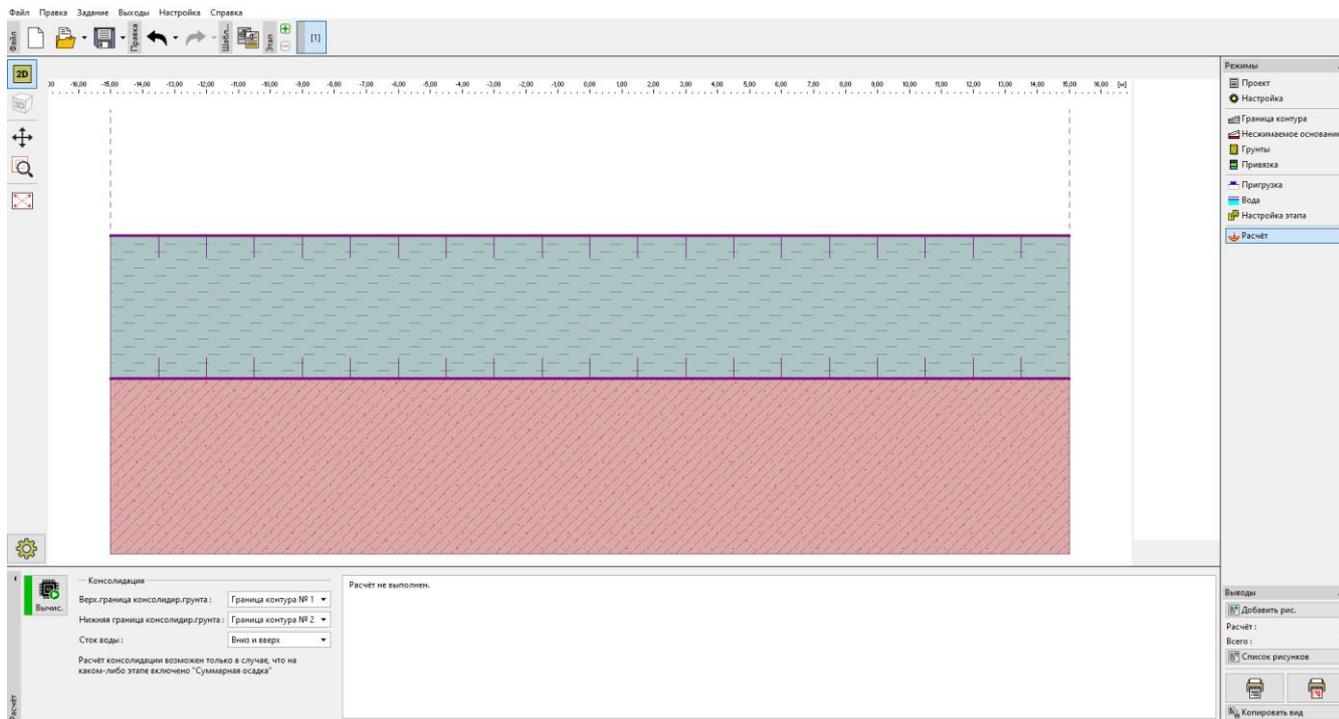
*Ввод УГВ*

Во вкладке «Настройка этапа» мы можем только изменить компоновку и уточнить положение зондов. В данном случае мы оставляем стандартные настройки.

№	От глубины [м]	Сгущение [м]
1	0,00	0,10
2	2,00	0,30
3	5,00	0,50
4	10,00	2,00
5	30,00	10,00

*Окно «Настройка этапа»*

На первом этапе представлено геостатическое напряжение на начальной стадии строительства. Однако, необходимо определить основные граничные условия для расчета консолидации на последующих этапах. Задаем верхнюю и нижнюю границу консолидируемого грунта, а также и направление движения воды для этих слоев - т.е. выделяем дренируемую часть.



## Настройка «Расчет» - Этап проектирования 1

### Этапы 2 - 5

Теперь добавим 2<sup>ой</sup> этап проектирования, используя панель инструментов в верхней части экрана.



На втором этапе мы задаем насыпь путем введения координат точек во вкладке «Насыпь»:

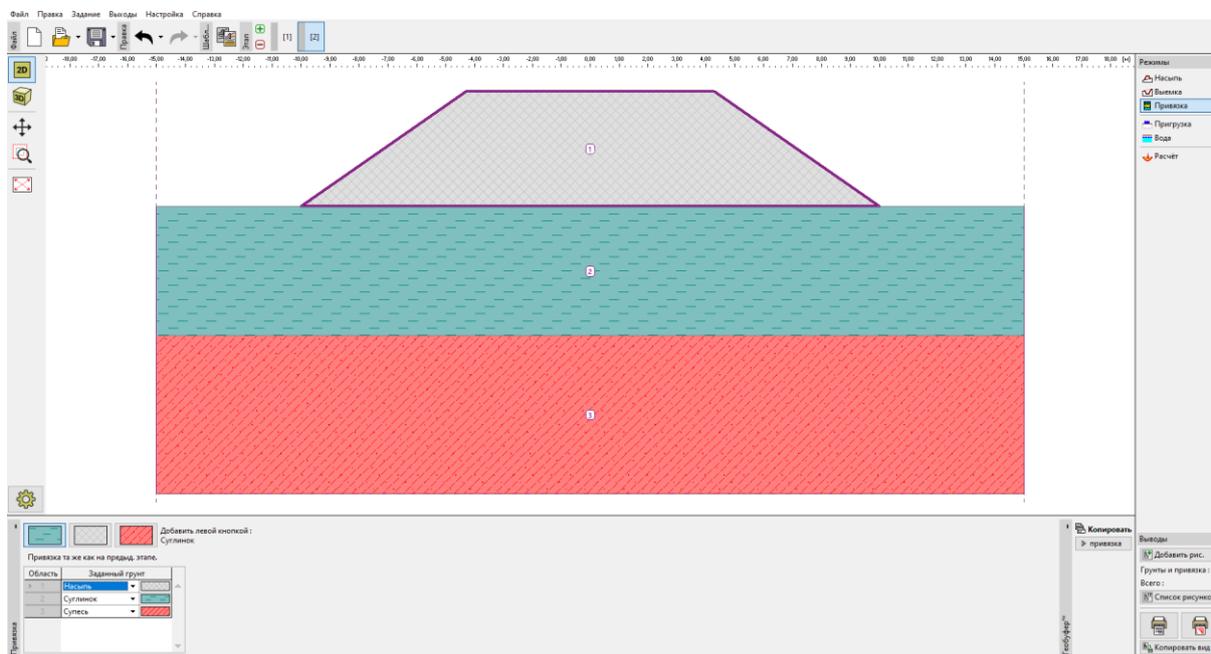
- Точка №1:  $x = -10,0 \text{ м}$   $z = 0,0 \text{ м}$

- Точка №2:  $x = -4,29 \text{ м}$   $z = 4,0 \text{ м}$

- Точка №3:  $x = 4,29 \text{ м}$   $z = 4,0 \text{ м}$

- Точка №4:  $x = 10,0 \text{ м}$   $z = 0,0 \text{ м}$

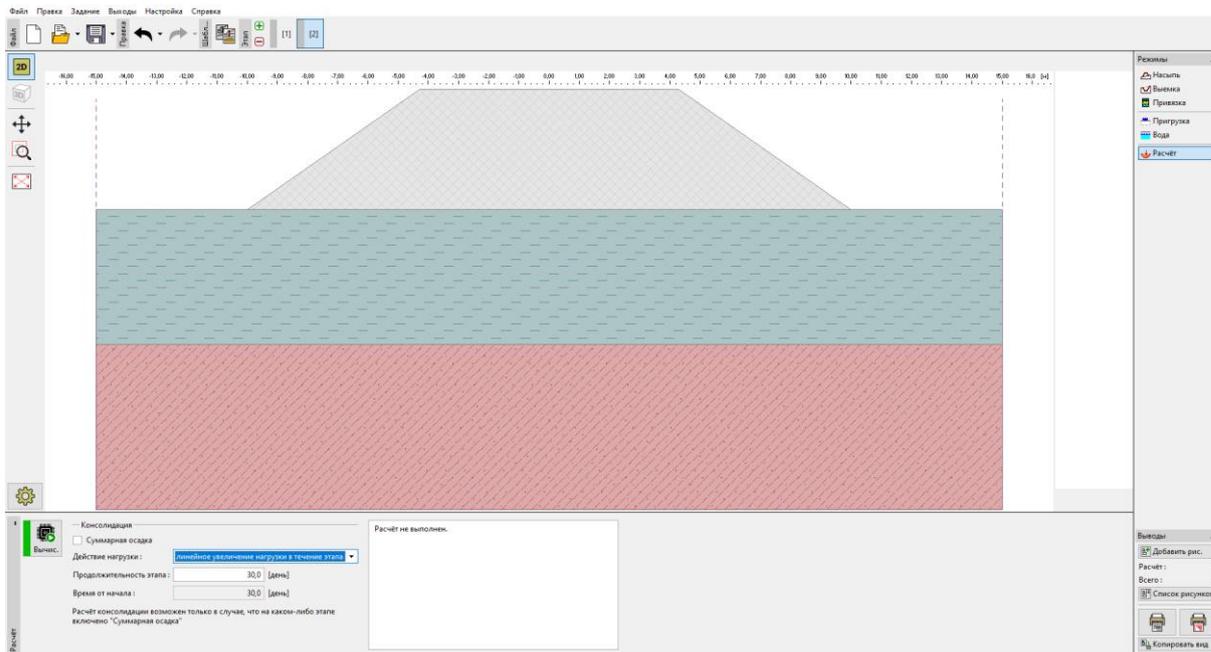
Далее переходим к вкладке «Привязка», где тип грунта «Насыпь» присваиваем отсыпанному грунту.



## Этап 2 – Насыпь + Привязка

*Примечание: Воздействие насыпи на поверхность грунта аналогично пригрузке. Это предполагает, что хорошо сделанная (оптимально уплотненная) насыпь теоретически не дает осадки. Практически некоторая осадка может наблюдаться (плохое уплотнение, эффект ползучести грунта), но программа Осадка к этому не обращается.*

Во вкладке «Расчет» задаем длительность 2 этапа (30 дней), это время соответствует реальному времени возведения насыпи. Фактический расчет осадки не может быть выполнен, поскольку при определении консолидации необходимо в первую очередь знать полную историю нагружения у земляного сооружения, т.е. все этапы строительства. Так как насыпь возводится постепенно, мы рассматриваем **линейное нарастание нагрузки** на 2 этапе проектирования.



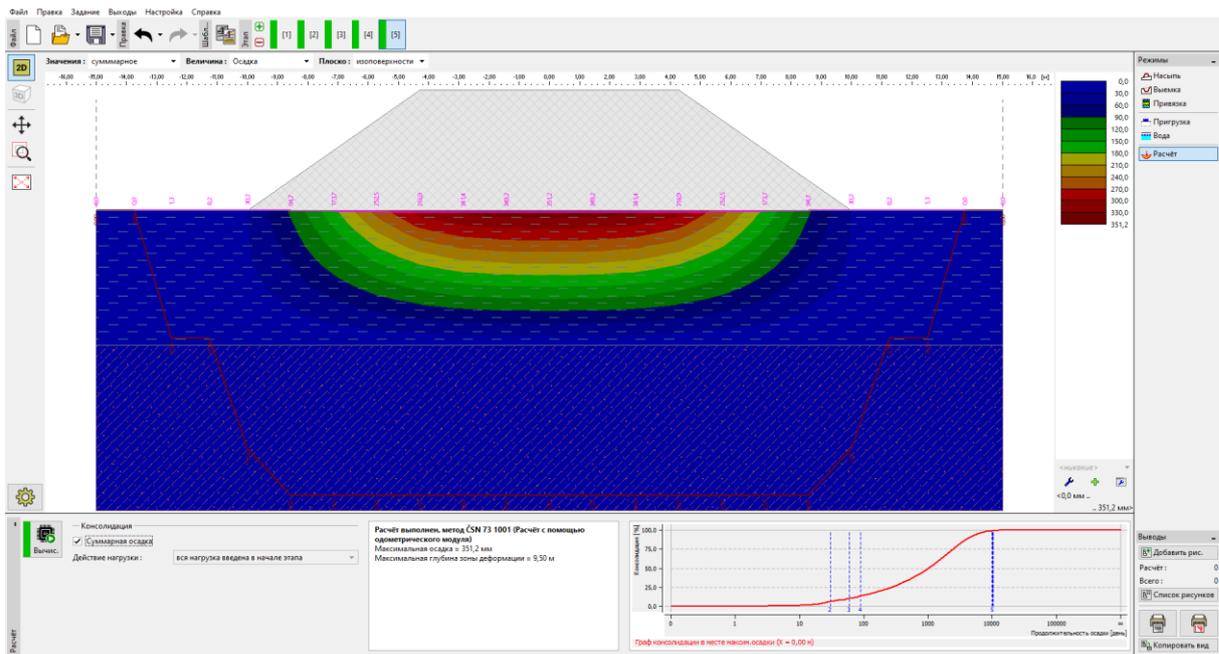
*Вкладка «Расчет – Этап проектирования 2»*

Добавим следующие три этапа. На последующих этапах задаем протяженность каждого из этапов:

- **3<sup>ий</sup> этап** - 1 год, т.е 365 дней
- **4<sup>ий</sup> этап** - 10 лет, т.е 3650 дней
- **3<sup>ий</sup> этап** - 1 год, т.е 365 дней

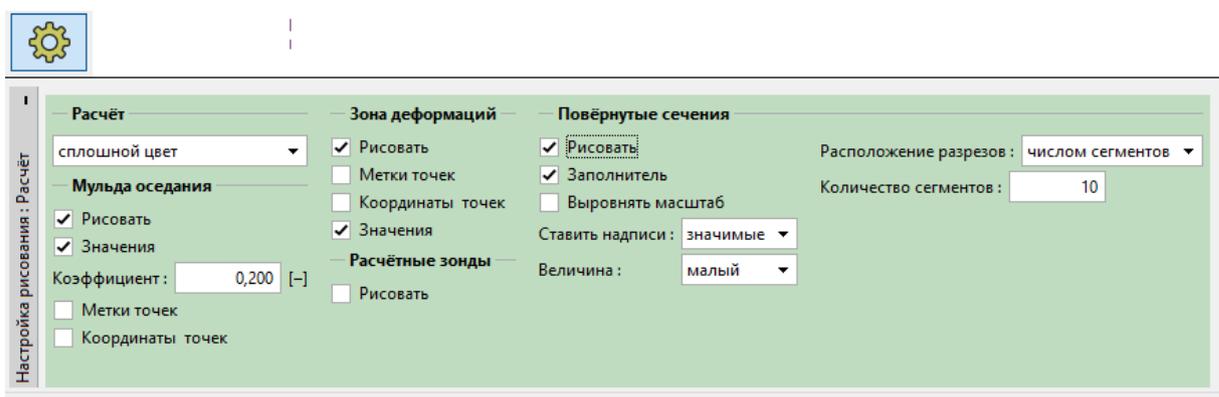
В этом случае действие нагрузки не важно (нет новой пригрузки на последующих этапах), таким образом, мы оставляем настройку воздействия нагрузки как «Вся нагрузка введена в начале этапа».

Выполним расчет на последнем, 5<sup>ом</sup> этапе проектирования, где включена опция «Суммарная осадка» (эта опция может быть включена на любом этапе проектирования, кроме первого).



Вкладка «Расчет – Этап проектирования 5»

Результаты, отражаемые на экране, выбраны в верхней части панели инструментов. Специальные возможности рисования (например, зона деформаций, повернутые сечения) могут быть заданы в настройках рисования – используя кнопку в виде зубчатого колеса в левом углу экрана.



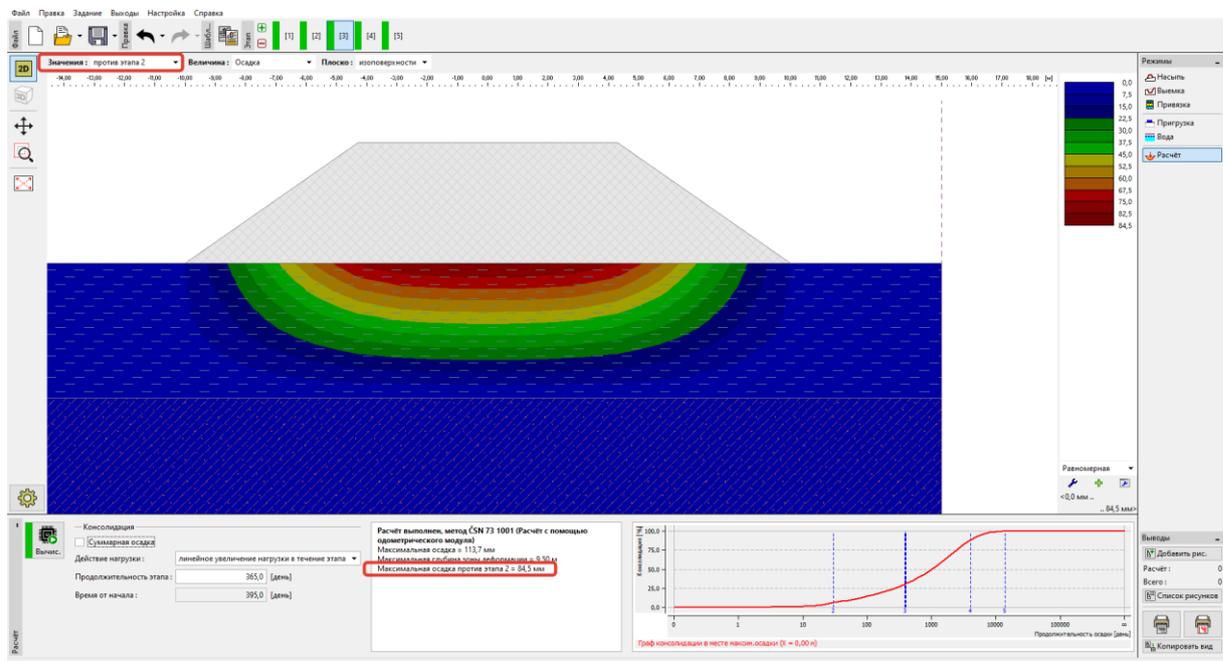
Настройка рисования

## Анализ результатов

После расчета суммарной осадки мы можем видеть значения частичной консолидации под центром насыпи. Мы получили следующие значения максимальной осадки на отдельных стадиях проектирования:

- Этап 1: только геостатическое напряжение – осадка не вычислялась
- Этап 2 (нагрузка от насыпи): для 30 дней → 29,2 мм
- Этап 3 (без пригрузки): для 365 дней → 113,7 мм
- Этап 4 (без пригрузки): для 3650 дней → 311,7 мм
- Этап 5: суммарная осадка → 351,2 мм

Если нас интересует осадка насыпи после ее возведения, то мы должны рассмотреть результаты, представленные на этапах 3 и 4 (кнопка «Значения») и «против этапа 2», которые продемонстрируют соответствующее значение осадки.



Вкладка «Расчет» – Осадка (разница по сравнению с предыдущими этапами)

**Заключение:**

Осадка насыпи (в ее центре) в течение одного года после возведения составит 84,5 мм (=113,7-29,2 мм) и спустя 10 лет будет 282,5 мм (=311,7-29,2 мм).