

Грунтовая дамба - расчет неустановившейся фильтрации

Программа: МКЭ - Фильтрация

Файл: Demo_manual_33.gmk

Введение

Данный пример иллюстрирует применение модуля GEO 5 - FEM – *Фильтрация* для расчета неустановившейся (зависящей от времени) фильтрации через однородную грунтовую дамбу. Геометрия и параметры материала аналогичны условиям инженерного руководства № 32. Однако в данном случае будет рассматриваться изменение положения депрессионной поверхности во времени. Расчет позволяет определить положение и форму депрессионной поверхности, распределение порового давления, скорость фильтрационного потока и полное истечение в границах модели за заданные промежутки времени.

Постановка задачи

Рассматривается грунтовая дамба, описанная в инженерном руководстве № 32. Необходимо определить положение и форму депрессионной поверхности на следующих промежутках времени: 1 час, 1 день, 7 дней, 3 месяца и 1 год, после мгновенного увеличения уровня воды в верхнем бьефе с 2 м до 9 м. Также следует определить время, необходимое для стабилизации фильтрации.

Расчет - ввод исходных данных

При определении геометрии и параметров материалов следует повторить шаги из примера Demo_manual_32.gmk и выбрать "Расчет неустановившейся фильтрации" в режиме "Топология" [Торо]. Там же следует отметить опцию "Позволить задать воду на 1 этапе при помощи вычисления установившегося потока".

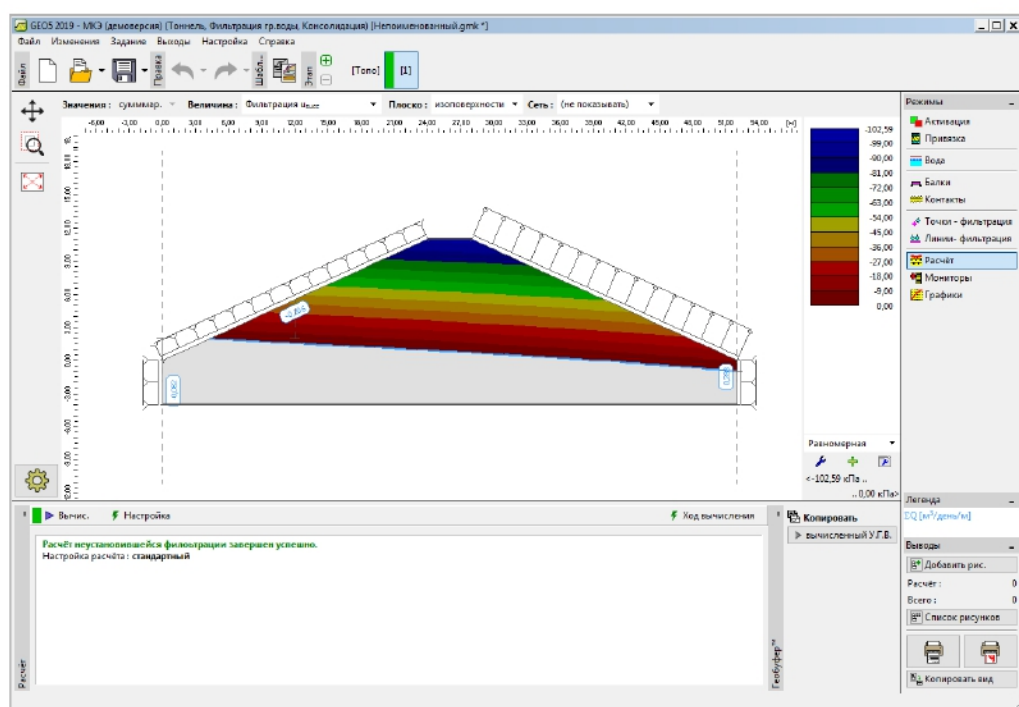
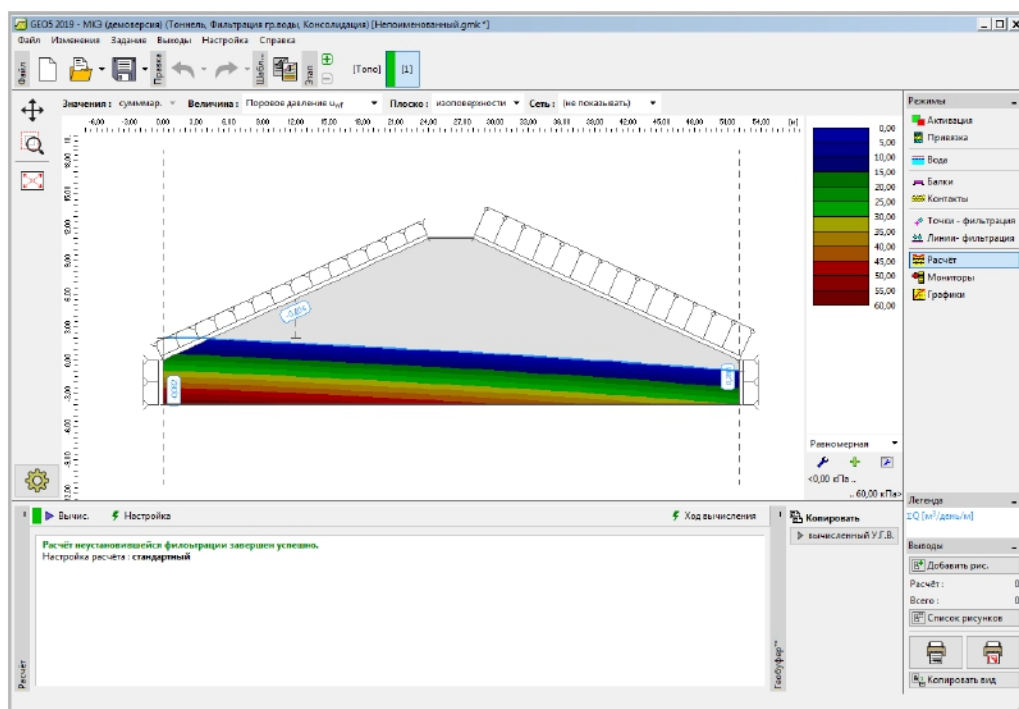
Этап проектирования 1: начальный уровень воды в верхнем бьефе на 2 м выше дна водоема

В отличие от расчета установившейся фильтрации, в данном случае представляет интерес изменение конкретных параметров во времени, начинающееся с исходного состояния. Это состояние должно быть определено до выполнения, собственно, расчета переходного процесса. Выбор опции "Позволить задать воду на этапе 1 при помощи вычисления установившегося потока" обеспечивает начальное распределение порового давления, полученное путем выполнения обычного расчета установившейся фильтрации на 1 этапе

проектирования, как ниже (поровое давление), так и выше (всасывание) текущей депрессионной поверхности.

Граничные условия на этапе 1 - расчет установившейся фильтрации

Граничные условия, как и результаты расчета на этапе проектирования 1 такие же, как на 1 этапе проектирования в примере Demo_manual_32.gmk. Начальное распределение порового давления и всасывания показано на следующих рисунках.



Распределение порового давления и всасывания (порового давления выше депрессионной поверхности) на 1 этапе расчета - начальное установившееся состояние

Этап проектирования 2: уровень воды в верхнем бьефе поднимается до 9 м выше дна водоема

На 2 этапе проектирования рассматривается мгновенный подъем уровня воды в верхнем бьефе до 9,0 м. Граничные условия остаются без изменений, изменяется только высота уровня воды на линиях, соответствующих верховому откосу, с начальных 2 м до 9 м.

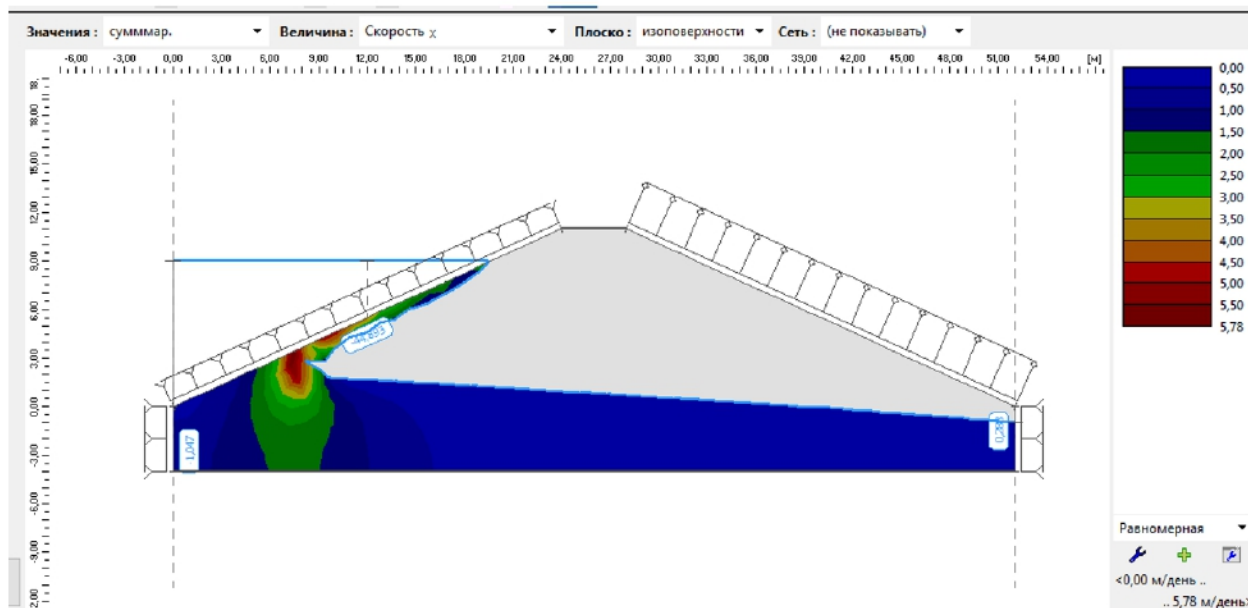
Определение шагов времени

Перед выполнением расчета неустановившейся фильтрации необходимо определить *Продолжительность этапа* и способ задания граничных условий в расчете. Для данного расчета продолжительность этапа задается равной $t = 1 \text{ час} = 0,04167 \text{ дней}$ (см. настройки расчета). Граничные условия *введены в начале этапа*.

Примечание: модуль GEO 5 - FEM - Фильтрация позволяет прикладывать граничные условия мгновенно в начале этапа либо путем постепенно линейного увеличения в течение данного этапа расчета. В данном примере используется первый вариант, соответствующий мгновенному увеличению уровня воды в верхнем бьефе.

Результаты - 2 этап проектирования

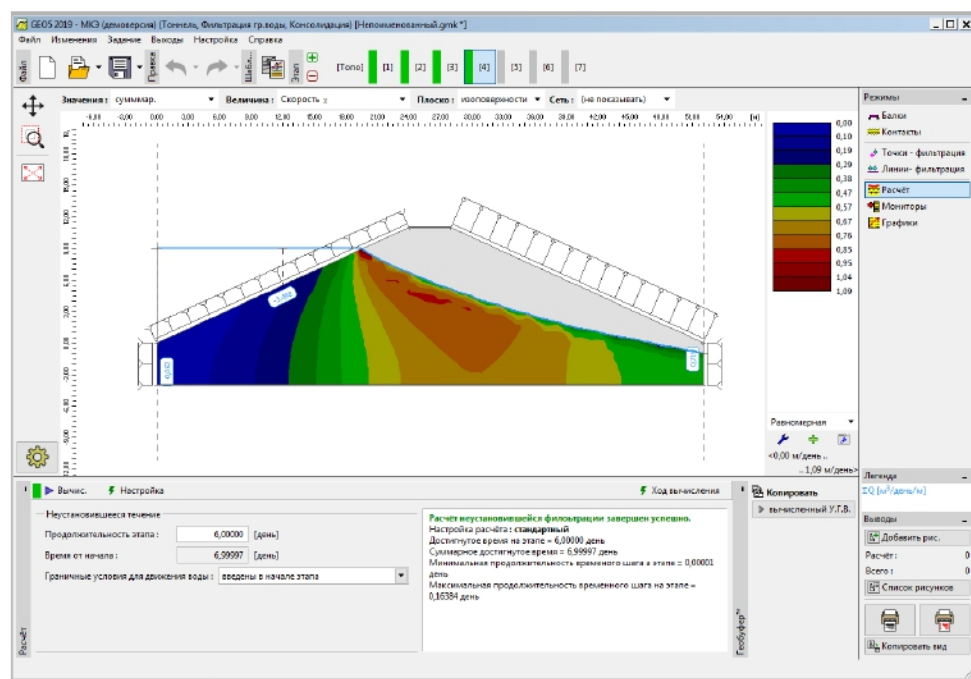
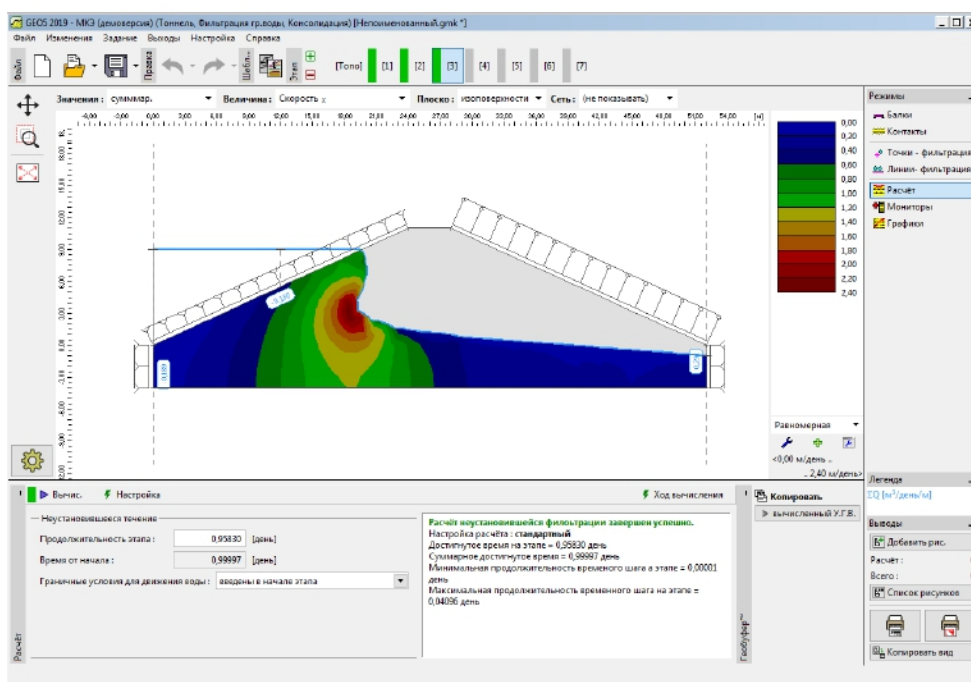
Из рисунка ниже следует, что в течение короткого промежутка времени состояние установившегося течения не достигнуто. Вместо этого фронт воды, определяемый депрессионной поверхностью, продвинулся в тело модели только на 1 м. Разница между притоком ($-1,05 + 44,89 \text{ м}^3/\text{день}/\text{м}$) и оттоком ($0,29 \text{ м}^3/\text{день}/\text{м}$) предполагает высокую скорость фильтрации.

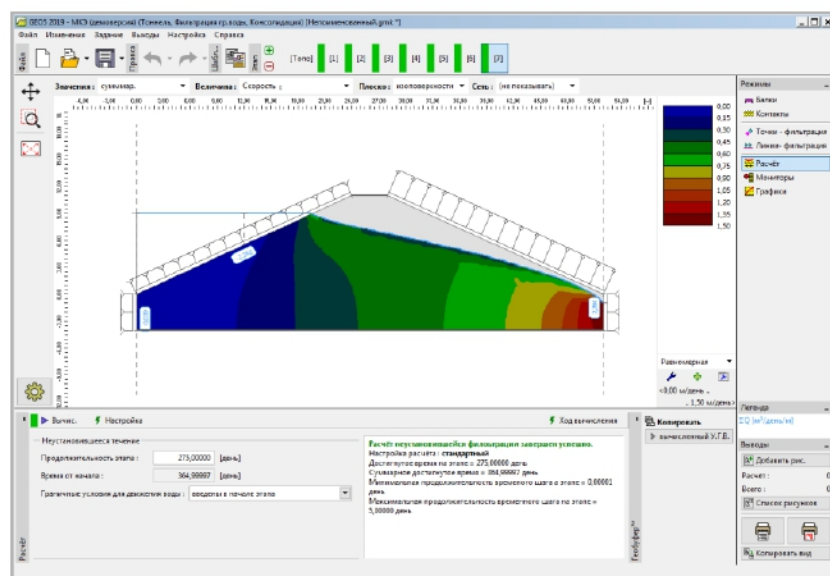
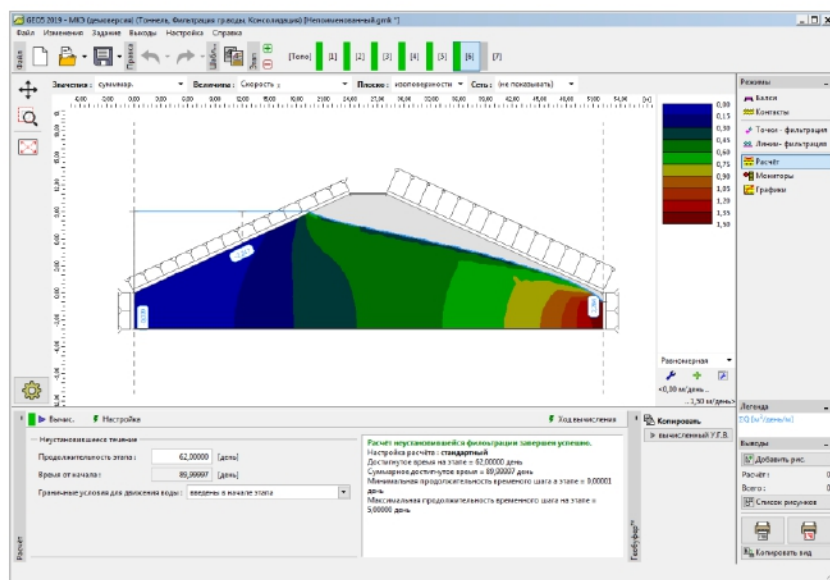
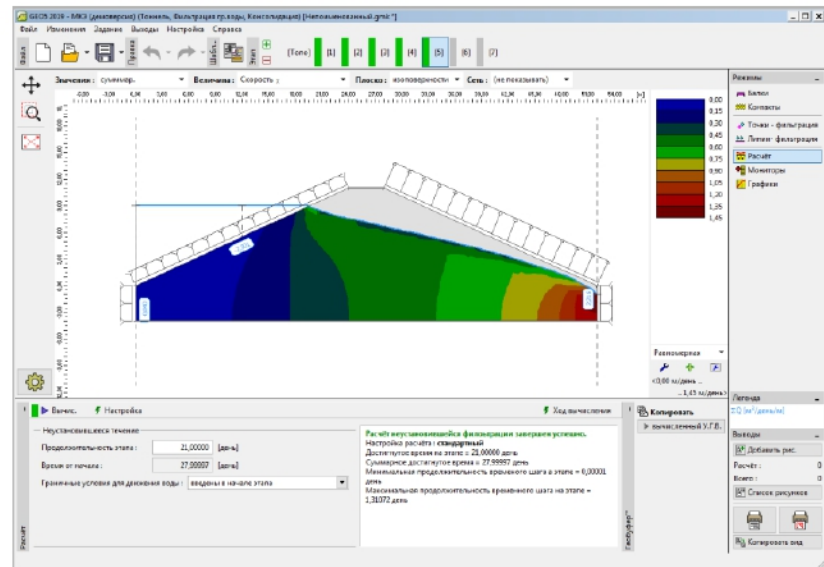


Распределение горизонтальной составляющей скорости через 1 час после мгновенного поднятия уровня воды в верхнем бьефе

Последующие этапы проектирования

На последующих этапах проектирования граничные условия остаются без изменений. На этапах 3-7 расчет выполняется для периода в 1 день, 7 дней, 28 дней, 90 дней и 365 дней. Время в конце каждого этапа соответствует сумме интервалов всех предыдущих этапов. Следовательно, длительность 3-го этапа задается равной 0,9583 дней, 4-го этапа - 6 дней, 5-го этапа - 21 день, 6-го - 62 дня. Последний, 7 этап длится 275 дней. Изменение положения депрессионной поверхности в конце отдельных этапов показано на следующих рисунках.





Форма депрессионной поверхности и распределение горизонтальной составляющей скорости на этапах 3-7

Хорошо видно, что на последних трех этапах не производит существенного изменения депрессионной поверхности, и что ее положение и форма практически совпадают с условиями установившегося течения. Это так же подтверждается сравнением объемов воды, входящих и выходящих из модели. В следующей таблице показано, что на начальных этапах расчета скорость фильтрации относительно высокая, и равенство между притоком и оттоком (условие установившейся фильтрации) достигается в интервале от 28 до 90 дней после подъема уровня воды в верхнем бьефе.

Количество воды, втекающей и вытекающей из тела дамбы для каждой длительности фильтрации

Время	Приток [м ³ /день/м]	Отток [м ³ /день/м]	Разница [м ³ /день/м]
1 час	45,94	0,288	45,652
1 день	9,319	0,291	9,028
7 дней	3,561	0,719	2,842
28 дней	2,341	2,216	0,125
90 дней	2,286	2,284	0,002
365 дней	2,285	2,284	0,001

Примечание: результаты, соответствующие двум последним этапам проектирования, могут считаться отражающими установившееся течение и, следовательно, совпадают с результатами, полученными в инженерном руководстве № 32. Общий приток в модель составляет 2,284 м³/день/м и полностью совпадает с оттоком.

Заключение

Условия установившегося течения достигаются через 90 дней фильтрации. С практической точки зрения эти условия достигаются уже через 28 дней, так как положение и форма депрессионной поверхности меняются незначительно.