

УДК 627.8.064.3

НАДЕЖНОСТЬ ПЛОТИН ВОДОХРАНИЛИЩ В УСЛОВИЯХ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ АНИЗОТРОПИИ ГРУНТОВ С УЧЕТОМ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Ким Э.А.

Институт машиноведения, автоматике и геомеханики НАН КР

Исследовано влияние фильтрационной анизотропии грунтов на результаты количественной оценки общей устойчивости гидротехнических сооружений. Так как объект расположен в сейсмически активном районе, были выполнены сейсмические расчеты устойчивости с коэффициентом фильтрационной анизотропии $K_2/K_1=10$.

Ключевые слова: фильтрационная анизотропия, плотина, предельное равновесие, сейсмическое воздействие, поверхность скольжения, коэффициент устойчивости, суглинистый грунт.

СУУ ТОСМОЛОРУНУН, СУУ САКТАГЫЧТАРДЫН ЖЕР КЫРТЫШЫНЫН СУУ ОТКӨРҮМДҮҮЛҮК, АНИЗОТРОПИЯЛЫК ШАРТЫНДА СЕЙСМИКАЛЫК ТААСИРЛЕРДИ ЭСКЕ АЛУУДАГЫ БЕКЕМДИГИ

Ким Э.А.

КР УИА Машина таануу, автоматика жана геомеханика институту

Топурактардын фильтрациялык анизотропиясынын гидротехникалык курулуштардын жалпы туруктуулугуна сандык баа берүүнүн натыйжаларына тийгизген таасири изилденген. Объект сейсмикалык активдүү аймакта жайгашкандыктан, сейсмикалык туруктуулукту эсептөө фильтрациялык анизотропия коэффициенти $K_2/K_1=10$ менен жүргүзүлгөн.

Баштапкы сөздөр: чыпкалоо анизотропиясы, дамба, чектик тең салмактуулук, сейсмикалык таасир, жылма бет, туруктуулук коэффициенти, саздуу топурак.

RELIABILITY OF RESERVOIR DAMS UNDER CONDITIONS OF FILTRATION ANISOTROPY OF SOILS TAKEN INTO ACCOUNT OF SEISMIC IMPACTS

Kim E.A.

Institute of Mechanical Science, Automation and Geomechanics
of National academy of Sciences K.R.

The influence of filtration anisotropy of soils on the results of a quantitative assessment of the overall stability of hydraulic structures has been studied. Since the object is located in a seismically active area, seismic stability calculations were performed with the filtration anisotropy coefficient $K_2/K_1=10$.

Key words: filtration anisotropy, dam, limit equilibrium, seismic impact, sliding surface, stability coefficient, loamy soil.

Анизотропия в грунтах плотин, выполненных из достаточно однородных глинистых или песчаных грунтов, возникает чаще всего при возведении сооружения за счет технологии уплотнения грунта горизонтальными слоями методом укладки. Такое положение часто возникает при возведении плотин насухо с использованием технологии послойной отсыпки и укатки очень неоднородного по зерновому составу грунта горизонтальными слоями, или послойной укладки с укаткой грунта. За счет расслоения грунта при отсыпке и уплотнении по высоте каждого слоя фильтрационная неоднородность грунта в теле плотины может быть сведена к некоторой фильтрационной анизотропии грунтов, характеризующей в среднем различие в проницаемости грунта в вертикальном и горизонтальном направлениях. В результате коэффициент фильтрационной анизотропии (отношение большего коэффициента фильтрации к меньшему) в пределах одного слоя отсыпки может достигнуть величин 5-7 и даже 10 [1]:

$$k_{\phi}^x \approx (2 \div 3) k_{\phi}^y,$$

где k_{ϕ}^x - коэффициент фильтрации грунта в горизонтальном направлении; k_{ϕ}^y - коэффициент фильтрации этого же грунта в вертикальном направлении.

В таком случае анизотропия приводит к существенному изменению положения кривой депрессии и выклиниванию фильтрационного потока на низовой откос. При этом роль плоского дренажа резко уменьшается и возникает необходимость в изменении конструкции плотины. Такое положение сложилось при постройке Орто-Токойской плотины на р. Чу, на грунтовой дамбе золоотвала ТЭС Новаки (Чехия), когда возникли опасения относительно устойчивости низового откоса плотины [2].

Целью данной работы является анализ влияния фильтрационной анизотропии грунтов на результаты количественной оценки общей устойчивости плотины водохранилища.

Исходной моделью исследований является плотина водохранилища. Высота плотины 10 м, ширина подошвы 70 м, ширина гребня 10 м. Заложение откосов $m=1:3$. Ширина основания 100 м, высота 28 м.

Основание: непросадочный суглинок (плотность – 20 kN/m^3 , сцепление – 7 kN/m^2 , угол внутреннего трения f -19°, коэффициент фильтрации K_{ϕ} - 0,03 м/сут).

Дамба: элювиальный суглинок (плотность – 19 kN/m^3 , сцепление – 4 kN/m^2 , угол внутреннего трения f -18°, коэффициент фильтрации K_{ϕ} - 0,1 м/сут).

Для оценки влияния фильтрационной анизотропии свойств грунтов на результаты анализа устойчивости склонов была проведена серия стандартных расчетов с использованием метода Бишопа, входящего в класс методов предельного равновесия. Устойчивость плотины рассчитывалась с коэффициентами фильтрационной анизотропии: $K_2/K_1 = 1,5$ и 10 (рис. 1-4). K_2 – коэффициент фильтрации грунта в

горизонтальном направлении, K_1 – коэффициент фильтрации грунта в вертикальном направлении.

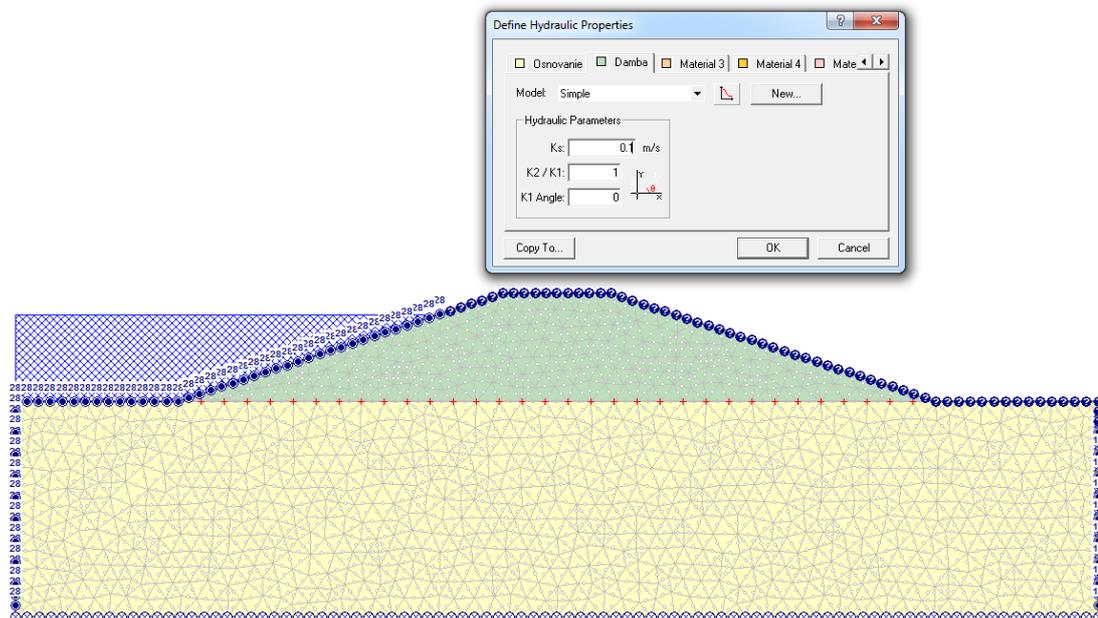


Рис. 1. Фильтрационная модель плотины с $K_2/K_1=1$ (грунт изотропный).

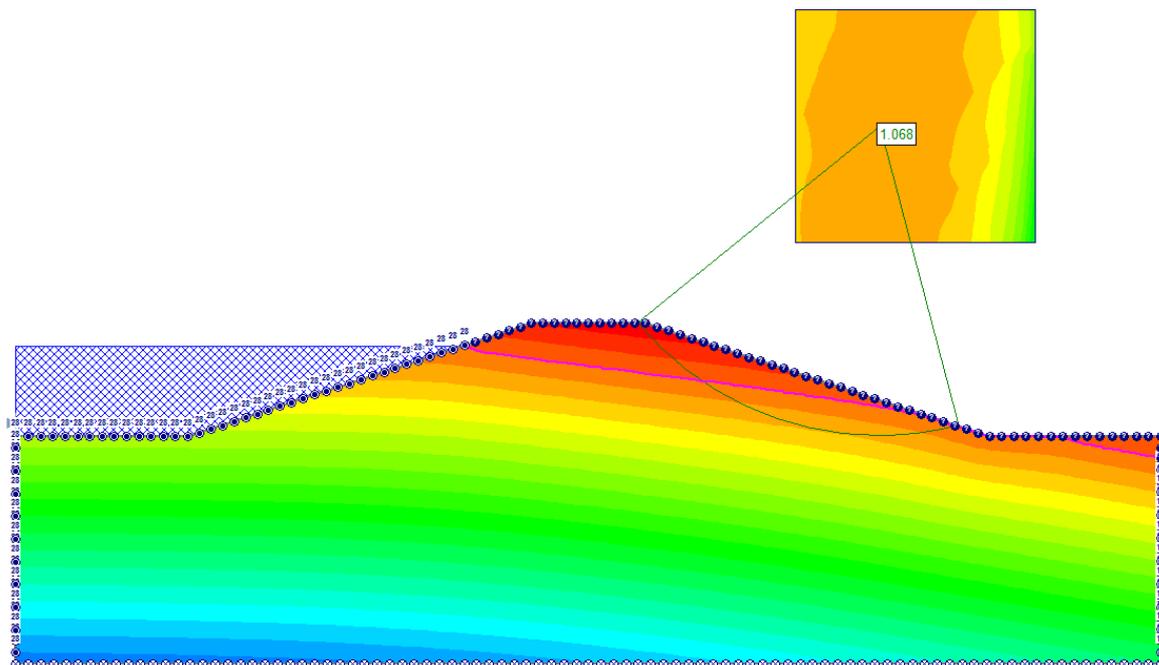


Рис. 2. Результат расчета устойчивости при $K_2/K_1=1$.

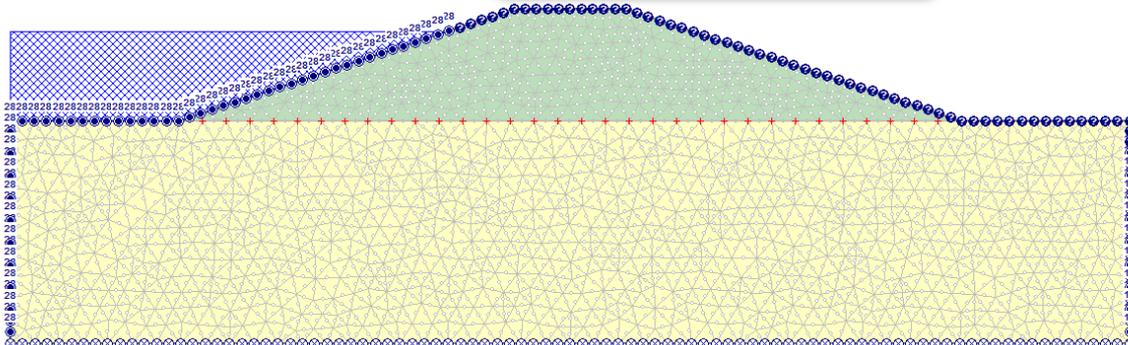
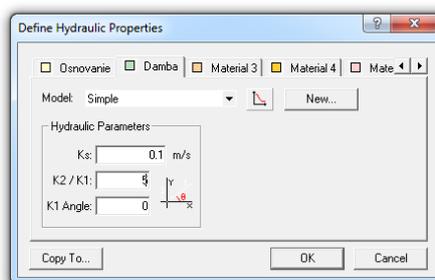


Рис. 3. Модель плотины с фильтрационной анизотропией $K2/K1=5$.

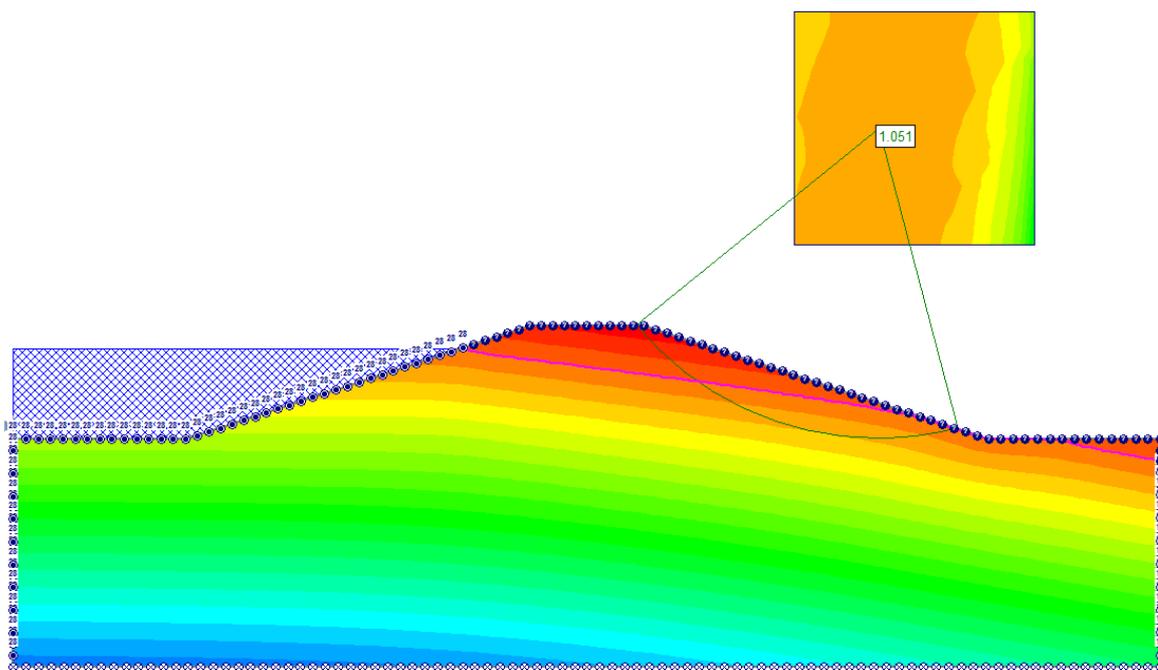


Рис. 4. Результат расчета устойчивости при $K2/K1=5$.

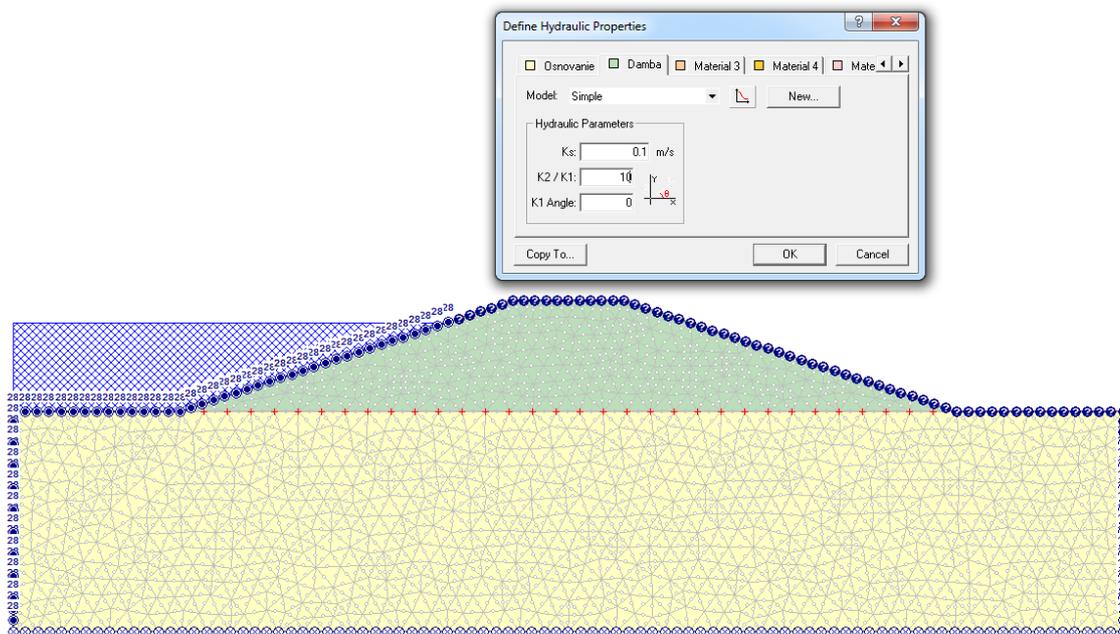


Рис. 5. Модель плотины с фильтрационной анизотропией $K2/K1=10$.

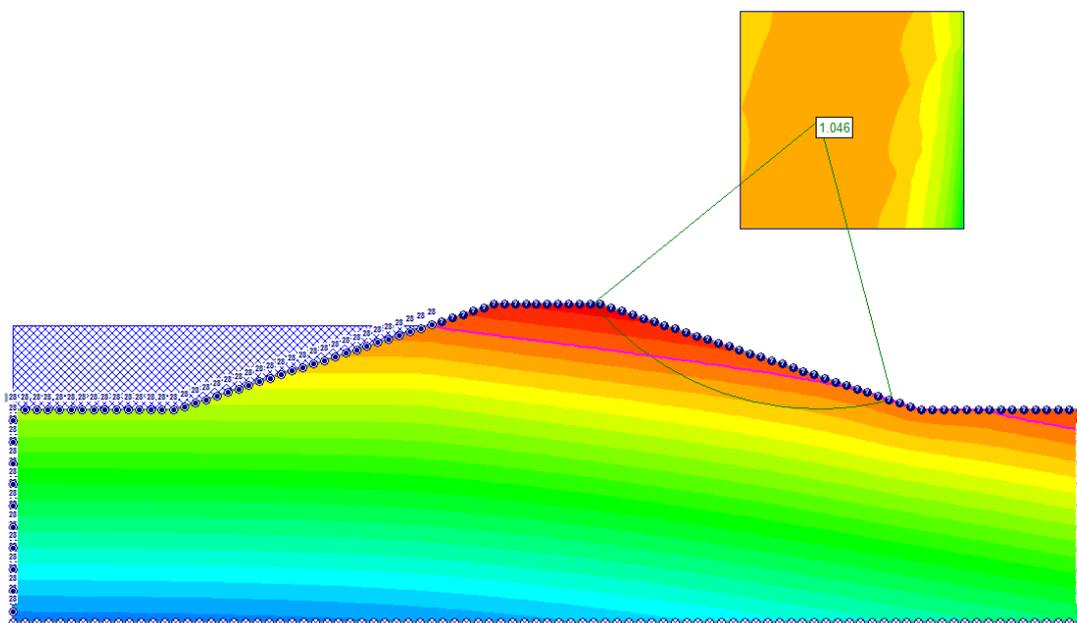


Рис. 6. Результат расчета устойчивости при $K2/K1=10$.

Расчеты показали, что все три результата (1,068;1,051;1,046) приближаются к состоянию, близкому к предельному равновесию. С увеличением коэффициента фильтрационной анизотропии коэффициенты устойчивости незначительно уменьшаются.

С целью выявления возможной причины потери устойчивости, учитывая, что модельный склон расположен в сейсмически активном районе, на основе псевдостатического анализа были выполнены расчеты устойчивости плотины с учетом сейсмического воздействия интенсивностью 7, 8 и 9 баллов по шкале MSK-64 [3]. Рассчитывались грунты плотины с фильтрационной анизотропией $K_2/K_1=10$ (рис. 5-7).

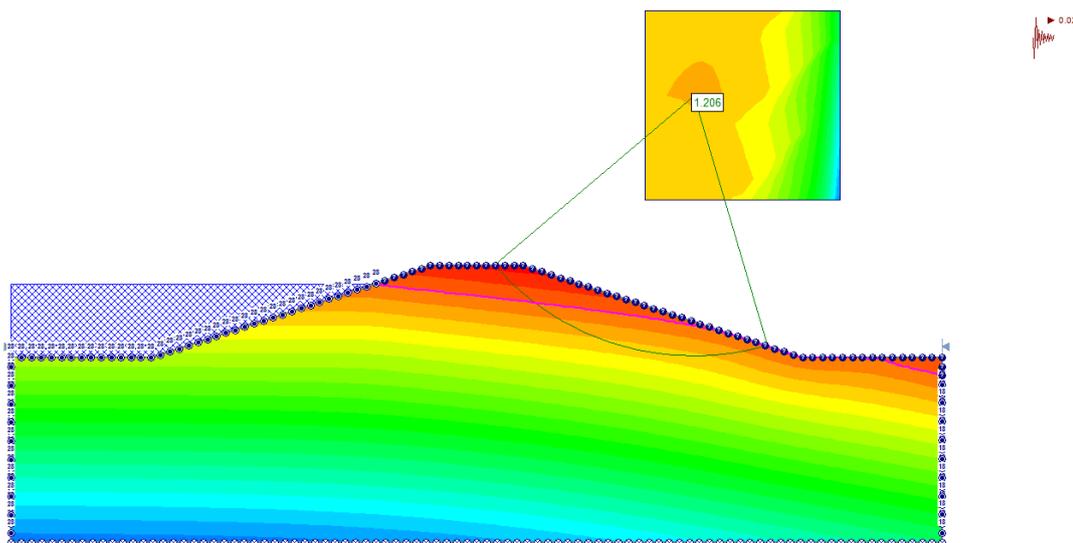


Рис. 7. Результат расчета устойчивости с учетом сейсмической нагрузки 7 баллов (коэффициент сейсмичности 0,025).

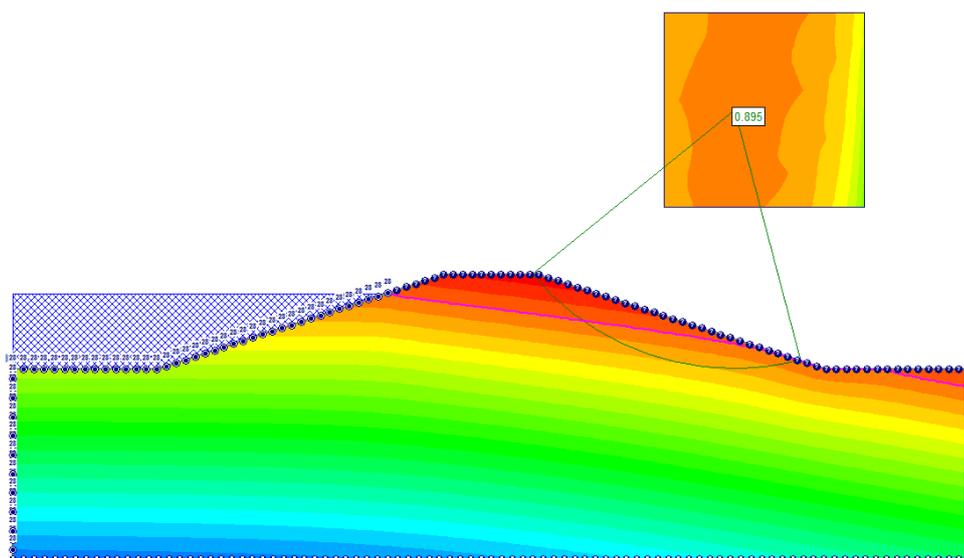


Рис. 8. Результат расчета устойчивости с учетом сейсмической нагрузки 8 баллов (коэффициент сейсмичности 0,05).

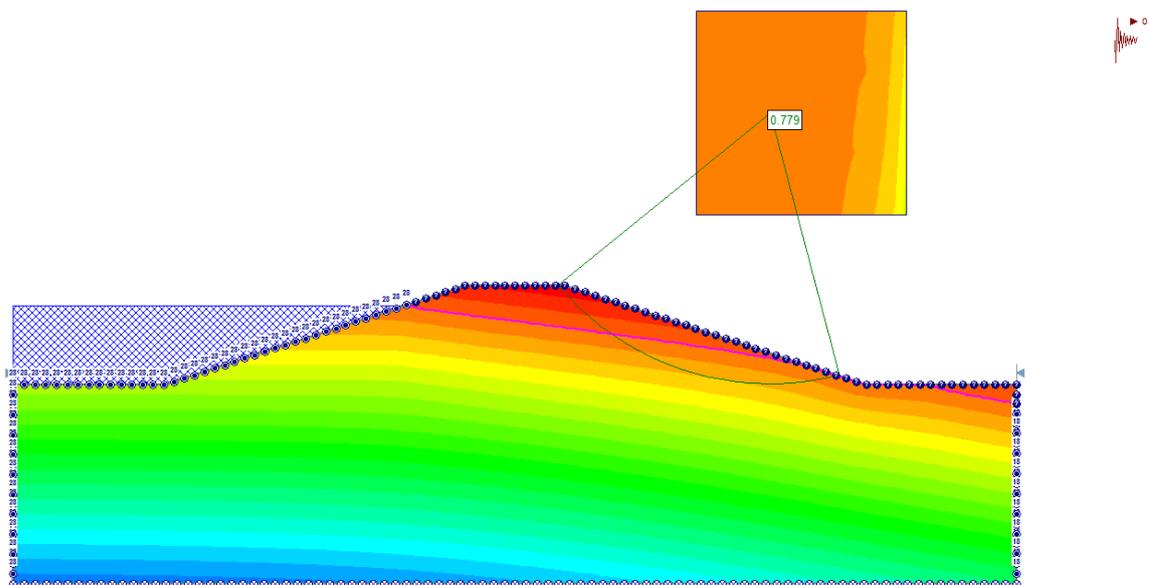


Рис. 9. Результат расчета устойчивости с учетом сейсмической нагрузки 9 баллов (коэффициент сейсмичности 0,1).

Коэффициенты устойчивости низового откоса плотины при сейсмических воздействиях 7, 8 и 9 баллов оказались равными 0,966; 0,895 и 0,779 соответственно. Таким образом, потеря мгновенной устойчивости возможна при сейсмическом воздействии 7 и выше баллов по шкале MSK-64.

Выводы

1. Большинство грунтовых плотин по способу производства работ относятся к насыпным, в процессе возведения которых грунты в теле плотины могут приобретать анизотропную структуру. При этом проницаемость грунта в горизонтальном направлении может во много раз превышать его проницаемость в вертикальном направлении. Пренебрежение анизотропией при проектировании грунтовой плотины может привести к аварийной ситуации. Повышение положения депрессионной кривой в случае анизотропного основания требует увеличения поглощающих поверхностей дренажных устройств, и, следовательно, их удорожания.

2. Для оценки влияния фильтрационной анизотропии грунтов плотины на результаты устойчивости была проведена серия стандартных расчетов с использованием метода Бишоп, входящего в класс методов предельного равновесия. Расчеты показали, что все три результата (1,068; 1,051; 1,046) приближаются к состоянию, близкому к предельному равновесию. С увеличением коэффициента фильтрационной анизотропии коэффициенты устойчивости незначительно уменьшаются.
3. Коэффициенты устойчивости низового откоса плотины при сейсмических воздействиях 7, 8 и 9 баллов оказались равными 0,966; 0,895 и 0,779 соответственно. Таким образом, потеря мгновенной устойчивости возможна при сейсмическом воздействии 7 и выше баллов по шкале MSK-64.
4. Модельный анализ общей оценки устойчивости склонов с учетом влияния анизотропии прочностных и фильтрационных свойств грунтов показал, что она оказывает влияние как на положение расчетной поверхности скольжения, так и на величину коэффициента устойчивости склона в сторону уменьшения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гольдин А.Л., Рассказов Л.Н. Проектирование грунтовых плотин. М.: Энергоатомиздат, 1987. 304 с.
2. Анахаев К.Н., Ляхевич Р.А. Фильтрация в анизотропных грунтовых плотинах/Безопасность гидротехнических сооружений «Гидротехническое строительство», № 4, 2005. С. 19-22.
3. СНиП II-7-81*. Строительство в сейсмических районах.