

DYNAMICS OF ELECTRIC POWER INDUSTRY FOR ECONOMIC DEVELOPMENT OF TAJIKISTAN

Arifov Kh.O.

Annotation. Strategic goal number one is to ensure energy independence of Tajikistan. On the other hand, the Government has set the task of carrying out, again, accelerated industrialization. To achieve this, it is necessary to ensure rapid development of the country's energy sector. The main component in the energy sector of Tajikistan is the electric power industry. It determines the quality of life of the population and the level of scientific and technological progress. The rapid pace of development of the electric power industry is a necessary condition for the formation and development of an economic model.

Keywords: energy deficit; power; production; specific production; consumption per person; industry; population; heating; warm floor.

Арифов Ҳамидҷон Обидович. Институти иқтисод ва демография Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, ходими пеишбари илмӣ, номзади илмҳои геологияю минералогия, узви вобастаи Академияи муҳандисӣ, Аълоҷии ширкати "Барқи тоҷик". Сурога: ш. Душанбе, к. Нарзикулов 9, тел. 93-560-07-40; e-mail: khamidari-fov@gmail.com

Арифов Ҳамидҷон Обидович. Институт экономики и демографии Национальной Академии наук Таджикистана, ведущий научный сотрудник, к.г.-м.н., член-кор. Инженерной академии, Отличник «Барқи тоҷик». Адрес: г. Душанбе, ул. Нарзикулова 9, тел. 93-560-07-40; e-mail: khamidarifov@gmail.com

Arifov Khamidjon. Institute of Economics and Demography of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Leading Researcher, Ph.D., Corresponding Member. Engineering Academy, excellent student of Barki Tojik company. Address: Dushanbe city, st. Narzikulov 9, tel. 93-560-07-40; e-mail: khamidarifov@gmail.com

УДК 627.82:550.34

ОЦЕНКА СЕЙСМОНАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ (НА ПРИМЕРЕ НИЖНЕ- КАФИРНИГАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)

Абдурауфов Х.Ш., Ядгоров Ё.Х.

*Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии
Национальной академии наук Таджикистана*

Аннотация: В статье предложена методика учета упругого и нелинейного деформирования при оценке напряженно-деформированного состояния грунтовой плотины на сейсмические воздействия. Предложенная методика позволяет оценить остаточные деформации грунтовой плотины в результате воздействия акселерограммы землетрясения. Величина остаточной деформации может быть использована при оценке сейсмостойкости сооружения по предельным деформациям.

Ключевые слова: грунтовая плотина, водохранилище, метод конечных элементов, ускорение, акселерограмма, напряженно-деформированное состояние, упругопластическое деформирование, коэффициент запаса устойчивости плотины, предельная деформация.

По заказу Союзгипроводхоз Минводхоза СССР Институт сейсмостойкого строительства и сейсмологии Академии наук Таджикистана в 1985-90г.г. выполнял комплексные работы по оценке сейсмической опасности и сейсмостойкости

плотины Нижне-Кафирниганского водохранилища.

Створ плотины Нижне-Кафирниганского водохранилища (координаты плотины N = 37.430, E = 68.170) емкостью 900м³ воды, используемой для орошения,

располагается в среднем течении р.Кафирниган, правобережном притоке р.Аму-Дарьи (рис.1).

Водоохранилище предназначено для улучшения водообеспечения существующих и новых земель; выработки электроэнергии (478 млн. квт. часов в год) на создаваемый при гидроузле ГЭС, установленной мощностью 120 тыс.квт; гарантированного санитарного пропуски в

нижний бьеф гидроузла: не менее 25м³/с; срезки максимальных паводковых расходов в реке за счет аккумуляции части паводковых расходов в водохранилище.

Кафирниган относится к горному типу рекам со снеголедниковым питанием. Средние скорости течения воды в створе гидроузла 0,5-3,3 м/с. По химическому составу вода реки Кафирниган относится к умеренно-жесткой

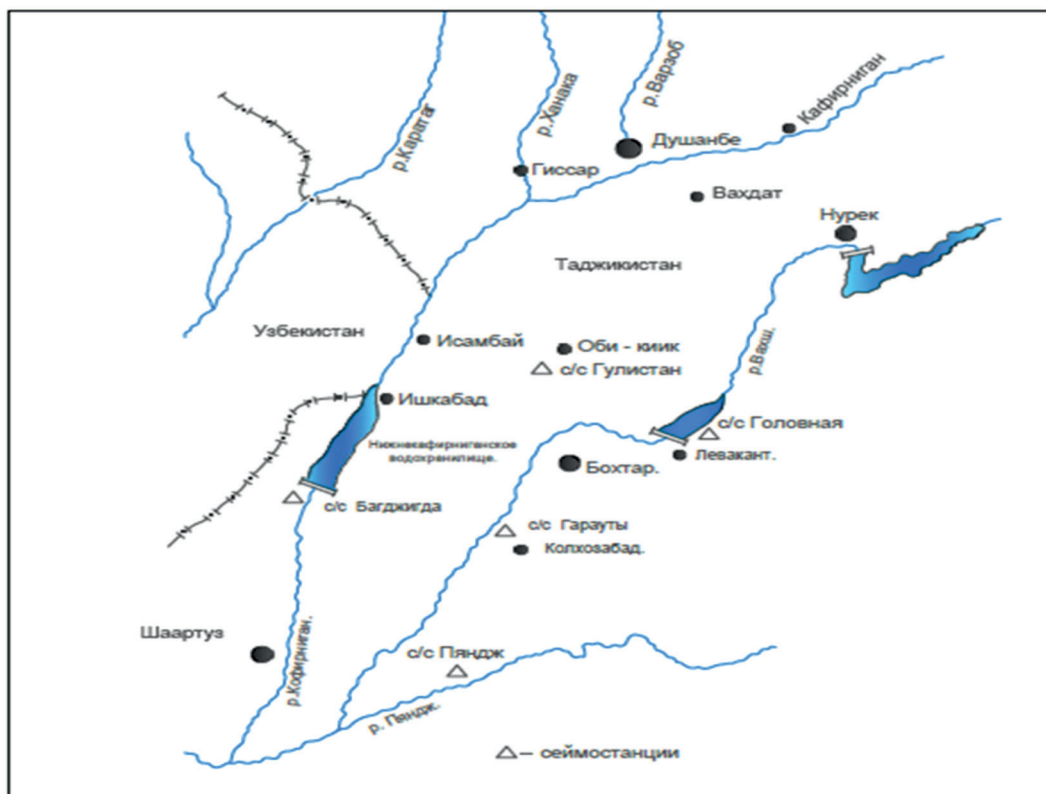


Рис. 1. Схема расположения Нижне - Кафирниганского водохранилища.

По отношению к бетону обладает углекислой агрессивностью и в некоторые периоды агрессивностью выщелачивания.

Проектом предусматривается ввод в эксплуатацию первой очереди водохранилища емкостью 290 млн/м³ при площади зеркала водохранилища 17,5 км². При завершении строительства плотины на полную высоту, водохранилище достигнет проектного полезного объема 620 млн/м³ с площадью зеркала 36,75 км².

Участок строительства имеет широкую хорошо выработанную долину со ступенчатым профилем. Основанием пло-

тины будут служить песчаники и алевролиты неогена. Геологические условия для создания водохранилища вполне благоприятные.

В качестве водоподпорного сооружения запроектирована глухая плотина из местных материалов с экраном из асфальтобетона. Максимальная строительная высота плотины 76 м, ширина по основанию и гребню соответственно 278 м и 12 м. Заложения верхового откоса -1:2,1 и низового -1:2,2.

Тело плотины возводится из грунтов двух типов. Упорная призма плотины

1-й очереди из гравелисто-галечниковых грунтов с песчаным заполнителем, месторождения которых расположены в верхнем бьефе гидроузла. На полную высоту плотина будет досыпаться из рваного камня. В качестве противофильтрационного элемента принят экран из укатанного асфальтобетона. Экран трехслойный, толщиной 20 см (первый и третий толщиной 6,0 см и 8,0 см - водонепроницаемые, средний слой толщиной 6,0 см - дренажный). Подготовка основания под экран заключается в укладке с уплотнением переходного слоя, состоящего из смеси гравия с битумом толщиной 10,0 см.

Наблюдения за ощутимыми землетрясениями в створе плотины проводились с 1986г. путем регистрации смещений и ускорений по трем составляющим; две горизонтальные и одна вертикальная в ждущем режиме. Используемая аппаратура позволяла регистрировать смещения в диапазоне от 0,0025 до 0,1 см (1-5 баллов) и ускорения в диапазоне 7-300 см/с² (4-8 баллов).

По данным наблюдений были установлены зависимости максимальных амплитуд (смещений и ускорений), преобладающего периода и длительности колебаний в зависимости от энергетического класса землетрясения для каждой сейсмогенной зоны, представляющей опасность для плотины гидроузла. При этом был использован опыт и материал инженерно-сейсмометрических наблюдений, полученный почти за 20 лет на плотинах Нурекской и Головной ГЭС [1].

На основе полученных прогнозируемых значений смещений была сделана попытка дать приближенную оценку возможных ускорений колебаний грунта в створе плотины Нижне-Кафирниганского водохранилища. В качестве преобладающего периода колебаний при этом принято минимальное его значение при наблюдаемых землетрясениях $T=1с$

Анализ слабых и ощутимых земле-

трясений для района Нижне-Кафирниганского гидроузла проведен по сейсмограммам и велосиграммам, полученным в створе плотины тремя системами наблюдений: высокочувствительной аппаратурой в непрерывном режиме регистрации; частотно-избирательной аппаратурой и приборами сильных движений в ждущем режиме. Сопоставление полученных экспериментальных данных показало их удовлетворительное согласие.

На основе экспериментального материала дана оценка возможных параметров сейсмического воздействия. Для местного землетрясения максимальное ускорение оценено 0,4 g по записям сильных движений; 0,5 g по записям частотно-избирательной аппаратурой; 0,3-0,9 g для спектра Фурье ускорений, вычисленных из смещений при частоте 1,0 Гц; для глубоких далеких землетрясений амплитуда максимального ускорения составляет 0,23 g по записям частотно-избирательной аппаратурой. В качестве аналоговой акселерограммы может быть использована запись землетрясения в Сан-Фернандо (США, 1971г.) [2].

Одним из эффективных методов численного решения различных инженерных задач с применением вычислительной техники является - метод конечных элементов (МКЭ), который может учитывать любую произвольную геометрию сооружения, неоднородность свойств материалов, нелинейность зависимости напряжения-деформации и др.[3].

Количество, форма, размеры и конфигурация элементов плотины Нижне-Кафирниганского водохранилища определялось таким образом, чтобы рассматриваемое сооружение описывалось элементами как можно ближе к его фактическому геометрическому очертанию.

На рис.2 приведен вариант разбивки на конечные элементы первой очереди строительства плотины высотой 52м ширина по основанию 193м (40 элементов,

30 узлов), Расчетный профиль плотины вначале разбивается на горизонтальные

слои, после чего используемый слой разбивается на элементы.

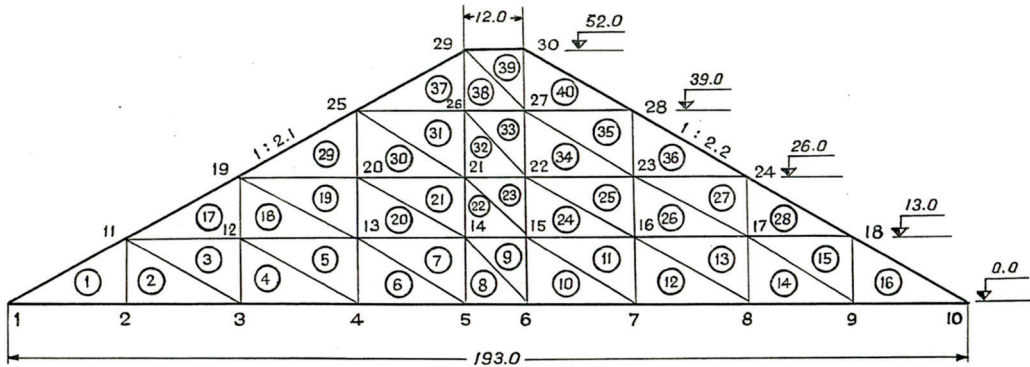


Рис.2. Расчетная схема плотины.

Действующими нормами предусмотрено проводить расчет сейсмостойкости грунтовых плотин с учетом факторов, учитывающих работу грунтовых материалов плотины при статических и динамических нагрузках [4]. СН и П предусматривает для грунтовых плотин 1 и 2 классов высотой более 70 м выполнять расчеты напряженно-деформированного состояния сооружений. Оценка сейсмостойкости плотины проводится по спектральной методике, которая заключается в определении дополнительных инерционных нагрузок, возникающих в сооружении при сейсмических воздействиях, т.е. определяются ускорения по высоте плотины (предполагается, что сооружение работает в упругой стадии). Кроме того, инерционные силы прикладываются статически в самом неблагоприятном для сооружения направлении и суммируются с действующими статическими нагрузками.

Статический расчет производится для плотины, работающей в условиях плоской деформации от нагрузки собственного веса. Грунт плотины принимается линейно-деформируемым модулем упругости, изменяющемся послойно по высоте сооружения. Значения модулей упругости в элементах тела плотины, определялись по скоростям распространения поперечных волн [5]. Коэффициент Пуассона принимается равным 0,30 объемный вес грун-

та 2,6 т/м³. Модуль упругости материала плотины в зависимости от слоев от 92700 до 186000 т/м².

Оценка устойчивости грунтовой плотины проводилась по первому предельному состоянию путем определения степени напряженного состояния в каждом элементе расчетной области, определяемому условием прочности грунта. Степень приближения к пределу характеризуется коэффициентом запаса

где: С – сцепление,

$$K_{3,i} = \frac{C + \sigma_{xi} \tan \varphi}{\tau_{xyi}} \quad (1)$$

φ – угол внутреннего трения,

σ_{xi}, σ_{yi} – нормальные напряжения, i-го элемента;

τ_{xyi} – касательное напряжение в i-м элементе.

Устойчивость плотины в целом определялась исходя из размеров зоны разрушения. Интегральный коэффициент запаса прочности определялся из выражения

$$K_3 = \frac{\sum_{i=1}^n K_{3,i} F_i}{n} \quad (2)$$

где F_i – площадь i – го элемента.

Устойчивость плотины соответствует условию .

Коэффициенты устойчивости плотины : при пустом водохранилище – статика 1.16; сейсмическая нагрузка СН и П – 0.93; при полном водохранилище – статика - 1.34.сейсмическая нагрузка СН и П - 1.03.

Далее была произведена оценка сейсмической устойчивости и напряженного

состояния по нормативной методике в упругой стадии.

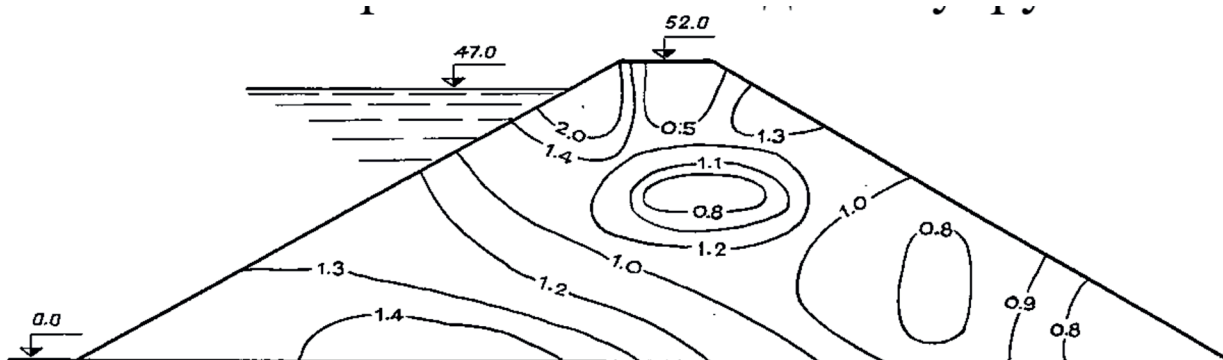


Рис.3. Изолинии коэффициентов устойчивости плотины при полном водохранилище и 8-балльном сейсмическом воздействии.

Для определения сейсмических инерционных нагрузок использовались расчетные ускорения в рассматриваемом направлении в элементах сооружения, определяемые по формуле [4]:

$$a_{kj} = AK_1K_2 [\sum_{i=1}^n (K_{\omega}\beta_i\tau_{ik})^2]^{1/2} \quad (3)$$

где a_{kj} - суммарное ускорение на элемент К с учетом заданного числа n форм собственных колебаний,

A - расчетное ускорение основания,
 $K_1K_2K_3$ - коэффициенты, учитывающие конструктивные особенности сооружения,

β_i - коэффициент динамичности,

τ_{ik} - коэффициент i-ой формы собственных колебаний элемента.

Определение сейсмических инерционных нагрузок на плотину, проводится по заданному ускорению основания для сейсмичности 8 баллов ($A=200$ см/с²). При изучении сейсмостойкости сооружения с применением спектрального метода разложения колебаний необходимо определить периоды (частоты), коэффициенты форм собственных колебаний и значения коэффициентов динамичности.

Периоды и коэффициенты форм собственных колебаний определялись расчетным методом, а коэффициент динамичности, соответствующий формам

собственных колебаний сооружения, принимались по спектральным графикам коэффициента динамичности.

Согласно требованиям норм расчет для грунтовых плотин должен производиться с учетом 15 форм собственных колебаний. Ниже приведены расчетные периоды собственных колебаний плотины: 0.474с; 0.291с; 0.257с; 0.257с; 0.250с; 0.216с; 0.192с; 0.180с; 0.176с; 0.160с; 0.154с; 0.145с; 0.139с; 0.137с; 0.134с. Наличие гидростатического давления приводит к перераспределению напряжений в сооружении. Коэффициенты запаса устойчивости в целом более 1.0.

Анализ расчетных данных динамического поведения плотины при сейсмическом воздействии показывает, что если землетрясение произойдет в момент окончания строительства, т.е. при пустом водохранилище, то на напорной грани верхней зоне и в центральной части плотины имеются неустойчивые зоны (), хотя в целом сооружение будет устойчиво ().

В случае, когда водохранилище заполнено до расчетной отметки коэффициент запаса устойчивости увеличивается до 1.11. Иными словами, наличие воды в водохранилище приводит к снижению уровня напряжений у верховой грани плотины и сокращению зоны предельного состоя-

ния. При статических нагрузках (по Кулону - Мору и Мизесу-Шлейхеру) плотина устойчива: коэффициенты устойчивости имеют значения $K_k=2,00$ и $K_m=2,38$).

Для оценки сейсмостойкости грунтовой плотины была использована акселерограмма землетрясения Сан-Фернандо 9 февраля 1971г. Внешнее воздействие на плотину принято в направлении вдоль

оси ОХ. Коэффициент затухания для элементов системы задан равным 0.1. Длительность акселерограммы равна 15,18 секунды и представлена 759-го табулированными ординатами с шагом табулирования вдоль оси абсцисс равным 0,02 секунды. Максимальная амплитуда акселерограммы достигает 0,5g (рис.4).

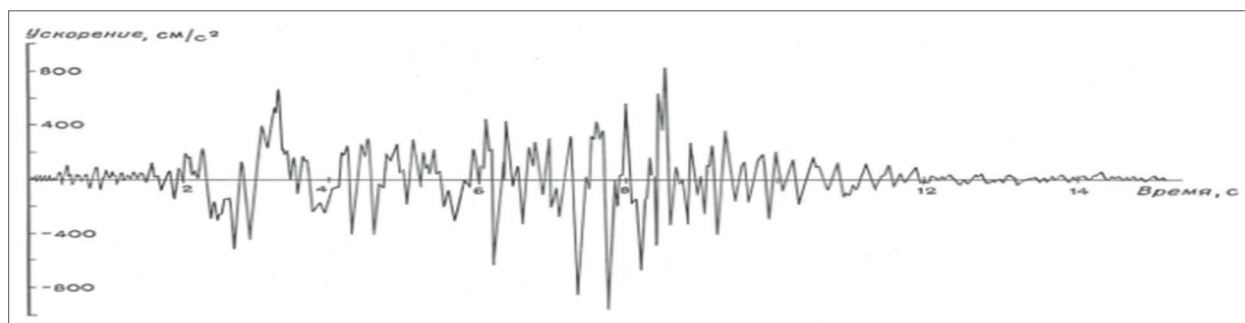


Рис. 4. Акселерограмма землетрясения Сан- Фернандо 9.02.1971г.

Для расчета кинематических параметров и напряженно-деформированного состояния грунтовой плотины с учетом упруго-пластической работы сооружения при сейсмических воздействиях применен комплекс программ. В основу данного комплекса, состоящего из взаимосвязанных между собой подпрограмм, положен метод конечных элементов (МКЭ) для расчетов напряженно-деформированного состояния плотины. Система дифференциальных уравнений второй степени описывает свободные и вынужденные колебания системы с конечным числом масс при учете внутреннего трения по гипотезе вязкого сопротивления, численные методы решения системы дифференциальных

уравнений второй степени и элементы теории пластичности.

На рис. 5-6 приведены изолинии максимальных горизонтальных и вертикальных ускорений, а на рис.7 изолинии остаточных сдвиговых деформаций, полученные при расчете на аналоговую акселерограмму.

Анализ полученных расчетных данных показывает, что максимальные горизонтальные ускорения до 12,6 м/с² возникают в районе гребня на нижней грани плотины, т.е. коэффициент усиления достигает значения 2,5. Максимальные вертикальные ускорения до 11,4 м/с² появляются в центральной части плотины.

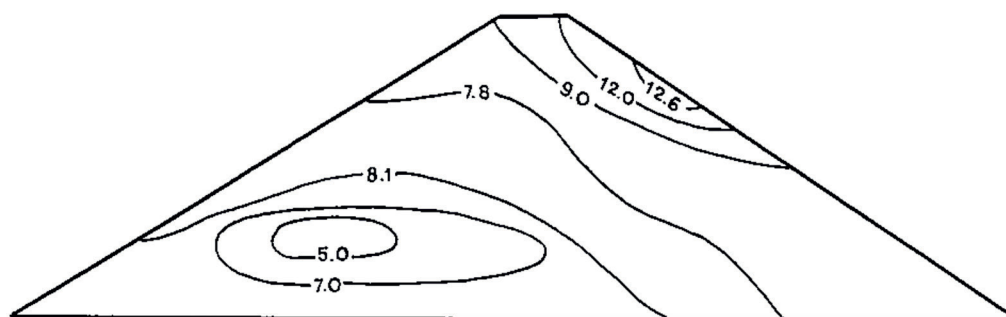


Рис.5. Изолинии максимальных горизонтальных ускорений при сейсмическом воздействии Сан-Фернандо.

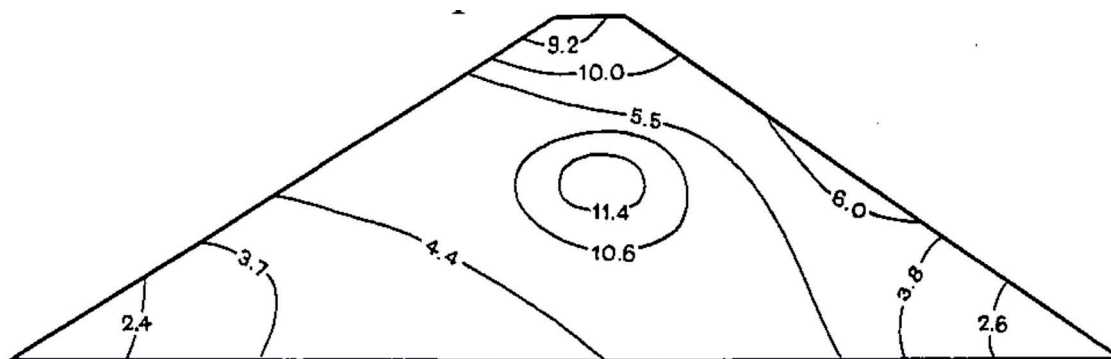


Рис. 6. Изолинии максимальных вертикальных ускорений при сейсмическом воздействии Сан-Фернандо.

Коэффициенты запаса устойчивости плотины при сейсмическом воздействии составляют $K_k=1,53$ и $K_m=2,25$, т.е. плотина устойчива (по первому предельному состоянию).

Оценка сейсмостойкости плотины по второму предельному состоянию (по величине остаточных деформаций) показана,

что плотина первой очереди имеет коэффициент устойчивости (интегральный) $K_p=2,09$, т.е. сооружение в целом устойчиво. Однако, в трех элементах на гребне плотины величина остаточных сдвиговых деформаций (при принятой предельной деформации в 5%) достигают 9%.

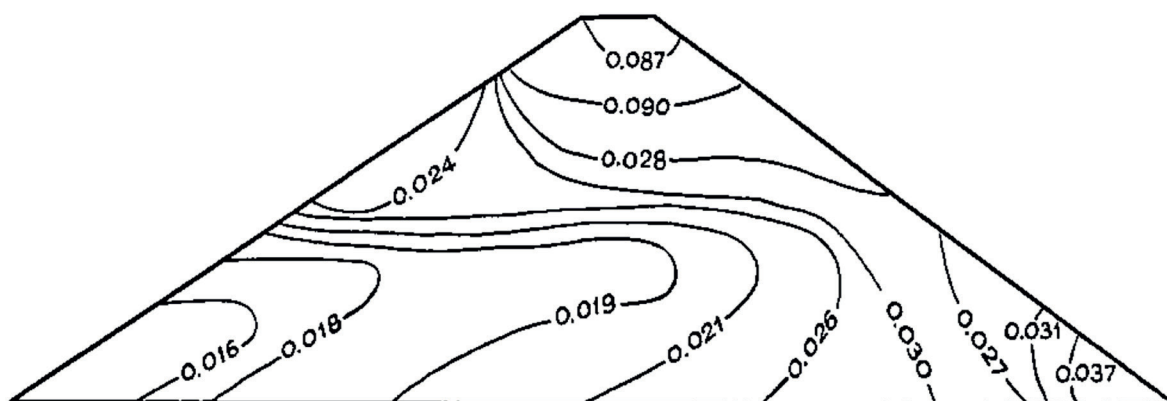


Рис. 7. Изолинии остаточных сдвиговых деформации при сейсмическом воздействии Сан-Фернандо.

Учет нелинейности свойств грунтов при расчетах по МКЭ сведен к рассмотрению упругопластической стадии реакции плотины на внешнее воздействие. Это свойство грунтов выражено нелинейной зависимостью деформаций от напряжений, которая представлена гиперболической функцией и хорошо аппроксимирует эмпирические данные испытаний грунтов.

Полученные результаты расчетов дают достаточно полную картину о напряженно-деформированном состоянии плотины. В качестве примера на рис.8-10 приведены результаты анализа вычисленных значений коэффициента устойчивости K_k , K_m и остаточных сдвиговых деформаций.

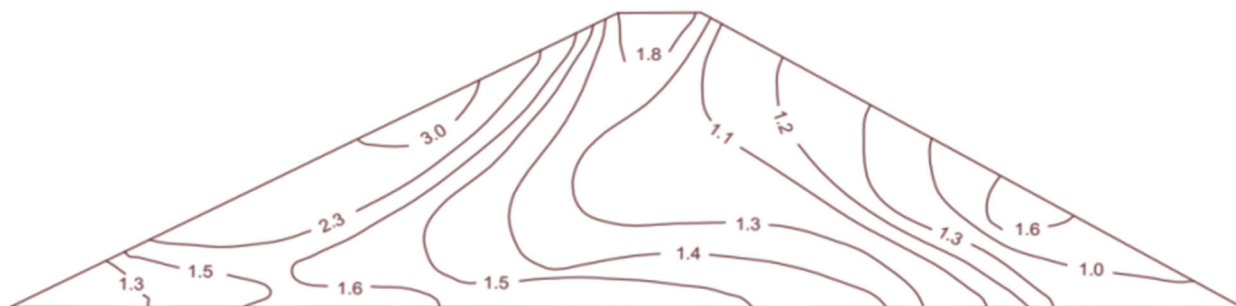


Рис. 8. Изолинии коэффициентов устойчивости K_k .

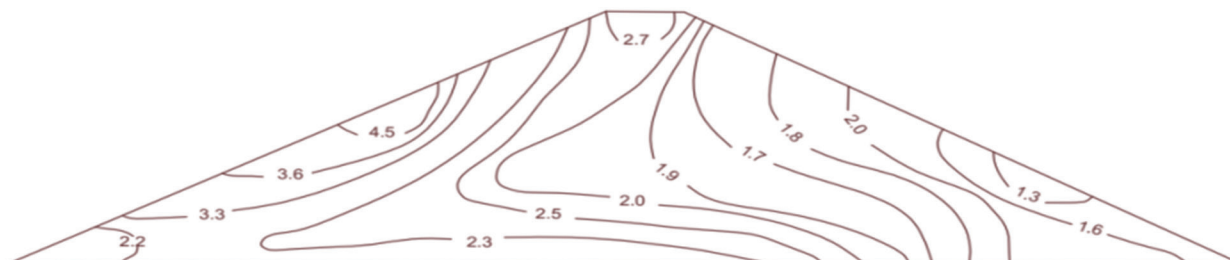


Рис. 9. Изолинии коэффициентов устойчивости K_m .

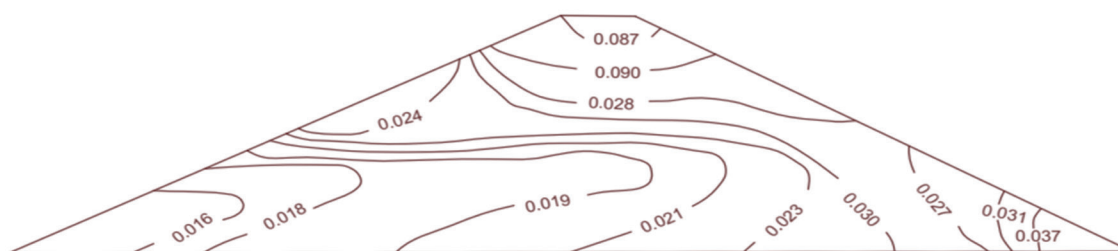


Рис. 10. Изолинии остаточных сдвиговых деформаций при сейсмическом воздействии.

Следует отметить, что картина распределения по элементам накопившихся остаточных деформаций при упругопластической стадии реакции сооружения на длительное динамическое воздействие нуждается в анализе относительных величин. Так, если принять предельное значение деформации для элементов сооружения равным 5% (как это сделано в контрольном расчете), то устойчивость плотины оценивается K_{Π}^- коэффициентом равным 2,09. Если же задаваться другими значениями предельной деформации, то оценка устойчивости будет меняться.

Выводы

1. Анализ напряженно-деформированного состояния плотины высотой 52 метра при сейсмическом воздействии (нормативные данные) в упругой стадии

показал, что сооружение устойчиво. Коэффициенты запаса устойчивости плотины в эксплуатационный период 1,03.

2. Проведена оценка сейсмостойкости плотины при пустом и заполненном водохранилище. Показано, что наличие воды в водохранилище приводит к снижению уровня напряжений у напорной грани плотины и увеличению величины коэффициента запаса устойчивости.

3. Анализ полученных расчетных данных показывает, что максимальные горизонтальные ускорения до 12,6 м/с² возникают в районе гребня на низовой грани плотины, т.е. коэффициент усиления достигает значения 2,5. Максимальные вертикальные ускорения до 11,4 м/с² появляются в центральной части плотины.

4. Проведен расчет грунтовой плотины Нижне-Кэфирниганского гидроузла на

аналоговую акселерограмму. землетрясения с максимальным ускорением 0.5g, Расчет проводился по второму предельному состоянию - по величине, остаточных деформаций. При принятой величине предельной деформации в 5% плотина в целом устойчива и имеет коэффициент устойчивости 2,09.

Цитируемая литература

1. Рекомендации по выбору расчетных сейсмических воздействий для района строительства/Нижне-Кафирниганского водохранилища. Научно-технический отчет. Том1, Фонды ИГИС, Душанбе, 1989.-234с.
2. Hudson D.E. Strong – motion instrumentl dota on the San Fernando earthquake of Febr. 9.1971. Technical Report. California Institute of Techology. 1971. -258с.
3. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. – 541с.
4. СНиП II-7-81. Строительство в сейсмических районах. Госстрой СССР. М.: Стройиздат, 1982. - 48с.
5. Заславский Ю.Л., Кулагин В.К. и др. Результаты наблюдений за колебаниями плотины Нурекской ГЭС вызванными взрывными воздействиями // Сейсмостойкость плотин. Выпуск 4, Душанбе: Дониш, 1977.- С. 177 - 201.

БАХОДИҲИИ ҲОЛАТИ ШИДДАИТНОКИЮ СЕЙСМИКИИ САРБАНДҲОИ ХОКӢ (ДАР МИСОЛИ ОБАНБОРИ КОФАРНИҲОНИ ПОӢН).

Абдурауфов Х.Ш., Ядгоров Ё.Х.

Аннотатсия: Дар мақола усули ба инобат гирифтани деформатсияи чандирӣ ва гайрихаттӣ ҳангоми арзёбии ҳолати шиддатнокӣ деформатсионӣ сарбанди хокӣ дар зери таъсири сейсмикӣ пешниҳод шудааст. Усули пешниҳодишуда имкон медиҳад, ки деформатсияҳои боқимондаи сарбанди хокӣ дар натиҷаи таъсири акселерограммаи заминчунбӣ баҳо дода шавад. Миқдори деформатсияи боқимондари барои арзёбии муқовимати сейсмикии иншоот дар асоси деформатсияҳои маҳдуди он истифода бурдан мумкин аст.

Калидвожаҳо: сарбанди хокӣ, обанбор, усули унсурҳои ниҳойӣ, суръат, акселерограмма, ҳолати шиддатнокӣ деформатсионӣ, деформатсияи эластопластикӣ, зарби устувори сарбанд, деформатсияи ниҳойӣ.

ASSESSMENT OF SEISMIC STRESS STATE OF A GROUNDWATER DAM (ON THE EXAMPLE OF THE NIZHNE-KAFIRNIGAN RESERVOIR)

Abduraufov Kh.Sh., Y. Kh. Yadgorov

Annotation: The article proposes a methodology for taking into account elastic and non-linear deformation when assessing the stress-strain state of a soil dam under seismic impacts. The proposed methodology allows estimate residual deformations of a soil dam as a result of earthquake accelerogram impact. The value of the residual deformation can be used in assessing the seismic resistance of the structure according to the ultimate deformations.

Key words: Soil dam, reservoir, finite element method, acceleration, accelerogram, stress-strain state, elastic-plastic deformation, dam stability factor, ultimate deformation.

Маълумот оид ба муаллифон: Абдурауфов Хайри Шукурович, номзади илмҳои техникӣ, Ходими пешбари илми лабораторияи зилзилатобоварии ишиоотҳои гидротехники Институти геология, сохтмони ба заминчунбӣ тобовар ва сейсмологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, E-mail: khairi_arauf@mail.ru; Ядгоров Ёдгор Хуришедович, номзади илмҳои техникӣ, мудири лабораторияи зилзилатобоварии ишиоотҳои гидротехники Институти геология, сохтмони ба заминчунбӣ тобовар ва сейсмологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, E-mail: yodgor1990@inbox.ru;

Сведения об авторах: Абдурауфов Хайри Шукурович, кандидат технических наук, Ведущий научный сотрудник лаборатории сейсмостойкости гидротехнических сооружений Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Национальной академии наук Таджикистана, E-mail: khairi_arauf@mail.ru; Ядгоров Ёдгор Хуришедович, кандидат технических наук, заведующий лабораторией сейсмостойкости гидротехнических сооружений Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Национальной академии наук Таджикистана, E-mail: yodgor1990@inbox.ru;

Information about authors: Abduraufov Khairi Shukurovich, Candidate of technical science, Leading researcher of the Hydraulic Structures Seismic Resistance Department Institute of Geology, Earthquake Engineering and Seismology of National Academy of sciences of Tajikistan, E-mail: khairi_arauf@mail.ru; Yadgorov Yodgor Khurshedovich, candidate of technical science, the head of the Hydraulic Structures Seismic Resistance Department Institute of Geology, Earthquake Engineering and Seismology of National Academy of sciences of Tajikistan, E-mail: yodgor1990@inbox.ru;

УДК 536.6+626/627

ТЕРМОМЕТР – ТЕПЛОМЕР. ЧАСТЬ 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Давлатишоев С.К., Амирзода М.Х., Мирзоева Б.М.

Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ

Аннотация: Анализ строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений на водостворимых основаниях показывает, что отсутствие мониторинга за гидрогеохимическим режимом, фильтрационными потоками и отсутствие защитных мероприятий может привести к нарушениям нормальной эксплуатации сооружения и риска появления чрезвычайных ситуаций. В статье рассмотрено определение метрологических характеристик термометра-тепломера, реализующего метод непосредственной оценки и работающего в различных режимах, для эффективного измерения температуры и теплового потока в пьезометрических скважинах. А также представлены технические характеристики термометра-тепломера, позволяющие сделать вывод о его пригодности для использования в системе комплексной защиты основания плотины Рогунской ГЭС от разрушения.

Ключевые слова: термометр, тепломер, тепловой поток, мониторинг, скважины, фильтрация, основания плотины, погружной зонд, метрология.

Аналогично любым измерительным средствам могут быть определены метрологические характеристики термометра-тепломера в режиме измерения температуры и теплового потока [1, 2]. Термометр-тепломер предназначен для высокоточного измерения температуры и тепловых потоков в "сухих" инженерно-геологических скважинах или заполненных водой, разработанный специалистами ООО «Гидро-спецпроект» города Рогуна и ООО «NELT» города Душанбе

под руководством автора по аналогии прибора кондуктометра [3, 4], позволяющий определить пути сосредоточенной фильтрации в основании и бортам плотины [5].

Погружной зонд термометра-тепломера (рис. 1) состоит из отрезка прочной пластиковой трубы 1, заглушенной с обоих концов стальными заглушками 3 и 4. Стальная заглушка 3 имеет сквозное отверстие для кабеля, заглушка 4 наглухо закрыта. В отрезок пластиковой трубы 2