

Турдикулов Хусанбой Худойназарович,
PhD, Ферганский политехнический институт,
E-mail Husanboytu@gmail.com

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ ПО ДАНЫМ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И ЧИСЛЕННОГО РАСЧЕТА

На гидротехнические сооружения (ГТС), в том числе на грунтовые плотины налагаются ряд важных функций, оказывающих большое влияние на экономику, экологическую и социальную сферу, поэтому вопрос безопасной и надёжной их эксплуатации приобретает особую актуальность. Одной из главных задач по обеспечению прочности грунтовой плотины при различного рода нагрузок является анализ данных натурных наблюдений и сверка с критериальными значениями безопасности. В работе сопоставлены результаты данных натурных наблюдений с расчетными, которые позволили усовершенствовать методику и алгоритмы при составлении прогнозной математической модели состояния сооружения при основных нагрузках. Исследования проведены на примере грунтовой плотины Чарвакской ГЭС.

Ключевые слова: Чарвакская грунтовая плотина, натурные наблюдения, численный метод конечных элементов, напряжения, смещение, осадки, поровое давление.

Turdikulov Khusanboy Khudoinazarovich,
Ph.D., Fergana Polytechnic Institute

EVALUATION OF SAFE OPERATION OF GROUND DAM BASED ON FIELD OBSERVATIONS AND NUMERICAL CALCULATION

Hydraulic structures (HTS), including earth dams, perform a number of important functions that have a great impact on the economy, environmental and social sphere, therefore, the issue of their safe and reliable operation is of particular relevance. One of the main tasks for ensuring the strength of an earth dam under various types of loads is the analysis of field observations and verification with the criterion values of safety. The paper compares the results of field observations with the calculated ones, which made it possible to improve the methodology and algorithms when compiling a predictive mathematical model of the state of the structure under the main loads. The research was carried out on the example of the earth dam of the Charvak hydroelectric power station.

Key words: Charvak soil dam, field observations, numerical finite element method, stresses, displacement, settlements, pore pressure.

Введение. В настоящее время аварийные ситуации или какие либо повреждения на грунтовой плотине могут возникнуть в результате процесса старения после 30-40 летней эксплуатации, изменение ее технических параметров, связанных с сейсмическим явлением недостаточным уровнем развития систем оповещения о чрезвычайных ситуациях [1]. Известно, что такого рода сооружение испытывает различного рода нагрузки как статические (основные – силы гравитации, гидростатика и т.п.), так и особые сочетания (сейсмические) и поэтому обеспечение прочности и

устойчивости является одним из ключевых проблем. Необходимо отметить, что недостаточное оснащение грунтовой плотины контрольно-измерительной аппаратурой и специальными устройствами (КИА и У) не позволяет получить полную и достоверную информацию для обеспечения контроля технического состояния сооружения.

Материалы и методы. В период строительства и временной эксплуатации на каменно-земляной плотине Чарвакской ГЭС проводились систематические натурные наблюдения: за деформациями тела плотины; поровым давлением в ядре; напряжениями в ядре; низовой упорной призме; фильтрационным режимом в основании и ядре плотины, а также в обход сооружений; температурой в ядре и на его контакте с основанием; деформациями скального основания плотины; цементационной потерной (осадки секций, раскрытие швов и трещин, напряжения в арматуре и бетоне); состоянием грунта ядра в период эксплуатации плотины; образованием трещин в ядре плотины и сейсмическими воздействиями на плотину [2-5].

В основном КИА и У в рассматриваемом сооружении установлены на измерительных створах и шести основных ярусах по высоте. Приборы для наблюдений за фильтрацией в основании плотины, приурочены к характерным геологическим и топографическим условиям основания и к опасным зонам, выявленным при вскрытии основания и производстве цементационных работ, а также ленточные и вертикальные дренажи, которые закладываются в зонах возможного трещинообразования в ядре плотины.

Датчики линейных перемещений (рис. 1) применяются для измерения поперечных и продольных относительных деформаций в местах возможного образования трещин — в верхней части суглинистого ядра и в зонах сопряжения упорных призм с фильтрами.

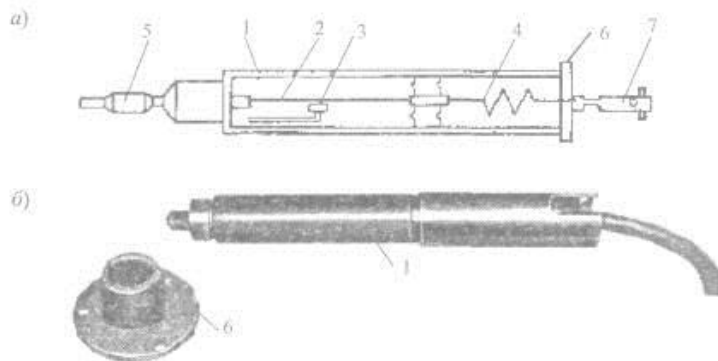


Рис. 1. Преобразователь линейных перемещений типа ПЛПС-10

а - схема конструкции; б - общий вид; 1 - корпус; 2 - струнный резонатор; 3 - передающий преобразовательный элемент; 4 - упругий элемент; 5 - кабельный ввод; 6 - фланец; 7 - удлинитель штока с анкером

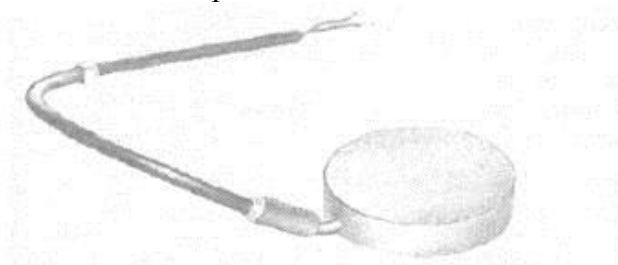


Рис. 2. Общий вид преобразователя типа ГД

Наблюдения за напряжениями производятся в 6 створе, расположенном в середине горизонтальной левобережной поймы, где соблюдаются условия плоской задачи. Измерение напряжений [5] в суглинистом ядре производится жесткими

датчиками на четырех горизонтах (рис.2). Датчики устанавливаются в сечении, перпендикулярном продольной оси плотины, плоскими розетками (по четыре прибора в розетке) для фиксации вертикальных и горизонтальных напряжений и напряжений по наклонным (под углом 45° к горизонту) площадкам.

Наблюдения за поровым давлением в суглинистом ядре и на его контакте с основанием проводятся с помощью более 100 пьезодинамометров. По мере завершения процесса консолидации ядра эти приборы используются для наблюдений за фильтрацией.

Натурными наблюдениями за фильтрацией, поровым давлением, осадками и смещением высоких грунтовых плотин с ядром посвящены публикации известных авторов. Среди них можно отметить работы: Анискина Н.А. [4], Леднева М.Н. [5], Л.Н. Рассказова [6], Денисова Г.В. [7].

Для прогноза состояния грунтовой плотины при основных нагрузках проведем сопоставление результатов численного расчета напряженного состояния высокой грунтовой плотины при основных нагрузках [8,9] с данными натурных наблюдений.

Рассматривается плоско-деформируемая модель (поперечное сечение) грунтовой плотины, находящейся на упругом основании. Сооружение рассматривается при статическом (собственный вес, гидростатическое давление воды) нагружении. Учитывается неоднородный состав грунта тела плотины (наличие ядра).

Для расчета такой модели используется численный метод конечных элементов, основанный на вариационном принципе возможных перемещений [8-10]. В соответствии, с разработанной методикой и алгоритмов решения задач численным методом по полученным в ходе решения системы перемещениям $\{u\}$ узловых точек модели, определяются с использованием аппроксимирующих функций, перемещения внутри каждого элемента, а затем деформации в элементах - при помощи уравнений Коши [8-10].

При расчетах для Чарвакской грунтовой плотины (створ 6) приняты: (данные АО Гидропроекта) высота – 131м; коэффициенты заложения откосов 2,2, ядра – 0,2. Физико-механические параметры грунта призм $E=60\text{МПа}$, объемный вес $\gamma_{\text{сух}}=1950\text{ кг/м}^3$, $\gamma_{\text{нас}}=2230\text{ кг/м}^3$; коэффициент Пуассона $\mu=0,3$. Параметры грунта ядра: $E=30\text{ МПа}$, объемный вес $\gamma_{\text{сух}}=1760\text{ кг/м}^3$, $\gamma_{\text{нас}}=2110\text{ кг/м}^3$, коэффициент Пуассона $\mu=0,3$, коэффициенты наклона 0,2.

Результаты и обсуждения. Полученные в ходе решения задачи - горизонтальные и вертикальные перемещения плотины указывают, что сооружение под собственным весом сплющивается (гребень опускается, откосы выпучиваются), об этом свидетельствуют значительные вертикальные перемещения гребня и противоположные знаки горизонтальных перемещений верхней и нижней призм сооружения. В основном, такая деформация (горизонтальное растяжение) наблюдается в верхней трети сооружения, что может привести здесь к потере прочности.

Поровое давление рассчитывается различными методами, а также с учетом и без учета консолидации грунта. При расчете был рассмотрен створ 6 плотины, в связи с тем, что там во время строительства установлены КИА – грунтодинамометры (ГД), пьезодинамометры (ПД).

Расчетные компоненты напряженного состояния – нормальные горизонтальные, вертикальные напряжения в теле плотины, находящейся под собственным весом и гидростатики при наполнении 125м, показаны на рис.3,4 показания ГД, ПД- поровое давление от времени эксплуатации.

Сопоставление численных результатов и натурных данных позволили сделать выводы:

- понижение порового давления по времени отмечается на отметке 780,0 м. (приборы №№ 8, 16, 17, 18), а также в основании вблизи потерны со стороны нижнего бьефа (прибор №13).

- на отметке 817,0м понижение порового давления ощущается со стороны нижнего бьефа (приборы №№22, 23).
- на отметке 853,0 м со стороны нижнего бьефа поровое давление не изменяется во времени, так же как и на отметке 858,0м.
- увеличение во времени порового давления ощущается в основании плотины вблизи ядра со стороны верхнего бьефа и на отметках 817,0м, 853,0м также со стороны верхнего бьефа.

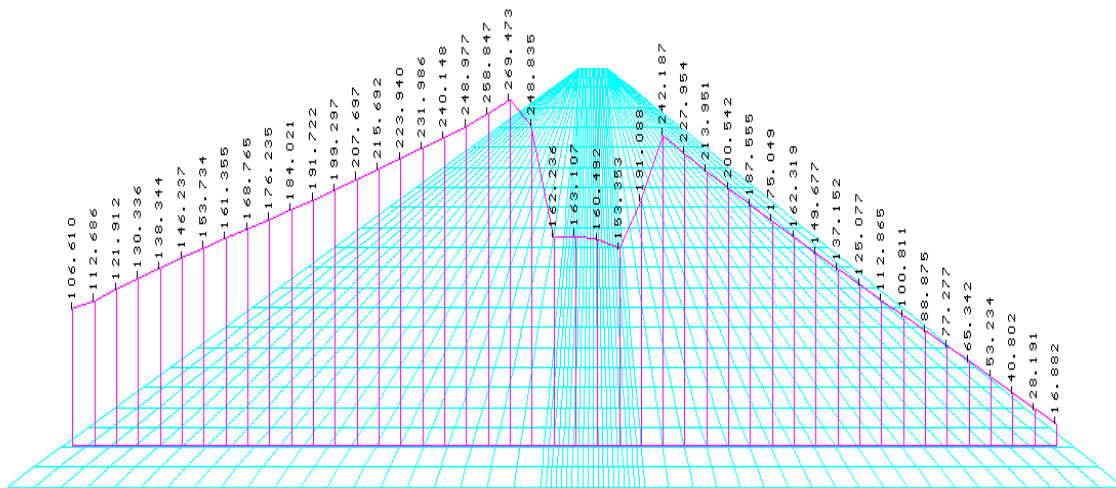


Рис.3. - Расчетные эпюры вертикальных напряжений σ_y (т/м²) на отметке уровня воды 780.0 м

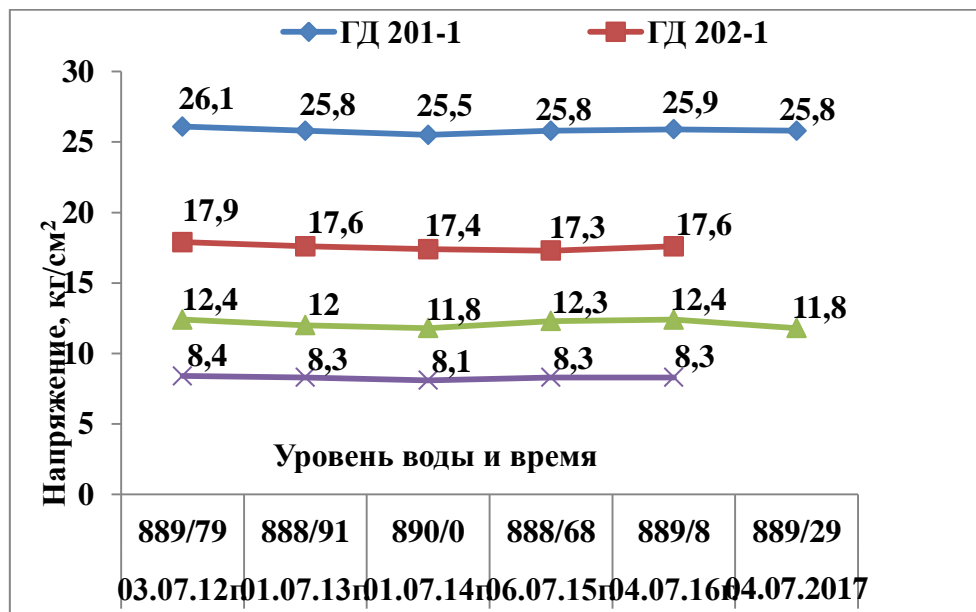


Рис.4. Данные натуральных наблюдений вертикальных напряжений σ_y (т/м²) на отметке уровня воды 780.0 м в зависимости от срока эксплуатации

Анализ данных натуральных наблюдений и их сопоставление с численными результатами доказывает, что остаточное поровое давление присутствует на этих отметках и образует ядро порового давления, а процесс консолидации происходит на отметке 780,0м., которая, как заметно на рис.3,4, находится практически в основании плотины, но выше основания ядра. Следовательно, на этой отметке происходит максимальное давление от ядра плотины, упорных призм и, соответственно напора в водохранилище.

Заключение

Разработанная методика и алгоритмы решения статических задач для грунтовой плотины позволяет определить наиболее уязвимые участки с точки зрения возможной потерей прочности, что влияет на ее безопасность. По определению напряженно-деформированного состояния в глинистом ядре каменно-земляной плотины Чарвакской ГЭС рассеивание порового давления происходит очень медленно, что может способствовать формированию в теле плотины неблагоприятного напряженно-деформированного состояния, изменяющегося по времени. По мере рассеивания порового давления могут ухудшаться условия фильтрации воды в отдельных зонах ядра и на контакте ядра с основанием плотины.

Литература:

1. **Анискин, Н.А.** Фильтрация и поровое давление в ядре каменно-земляной плотины [Текст] / Л.Н. Рассказов, Ё.Х. Ядгоров // Гидротехническое строительство. 2016, №6. С.16-22.
2. **Денисов, Г.В.** Состояние плотин Гоцатлинской ГЭС в процессе наполнения водохранилища по данным натурных наблюдений и численного моделирования [Текст] / О.Ю. Давыдкин, К.М. Воробьев // Гидротехническое строительство.-2017-№3. С.54-61
3. **Естифеева, А.Г.**, Мифтахова И.Р., Салямова К.Д., Турдикулов Х.Х. Обеспечение безопасной эксплуатации грунтовой плотины Чарвакской ГЭС с учетом данных натурных наблюдений // Узбекский журнал, “Проблемы механики”. - 2020, - №1-2. С. 60-63. (05.00.00; №6).
4. **Зенкевич, О.Э.** Метод конечных элементов в технике. Мир.1975.-375с.
5. **Камалов, Т.К.** Безопасность гидротехнических сооружений сооружений в Республике Узбекистан [Текст] // ”Госводхознадзор”.untitled http://www.icwcc-aral.uz.workshop_march_08/pdf/kamalov_ru.pdf
6. **Леднев, М.А.** Результаты натурных наблюдений за напряженно-деформируемым состоянием плотины Чарвакской ГЭС в строительный период. [Текст] / М.А. Леднев, Э.Г. Шашкова, С.Г. Сатановский // В сб. «3-е Науч.- техн совещ. Гидропроекта по подведению итогов научн.исслед. работ в обл.энерг. и водохоз. Стр-ва за девятую пятилетку и рассмотрению задач десятой пятилетки.1976.Тезисы докл. и сообщ.Ч.1.- М.-1976. С.112-114
7. **Леднев, Н.М.** Натурные наблюдения за состоянием плотины Чарвакской ГЭС / П.А. Жигарев и др. // Труды Гидропроекта.- 1978.С.15-25.
8. **Рассказов, Л.Н.** Осадки и смещения Нурекской плотины по данным натурных наблюдений / Е. Ядгоров // Гидротехническое строительство.-2017.-№2.С.18-24
9. **Салямова, К.Д.** Статическое напряженное состояние высокой грунтовой плотины с учетом данных натурных наблюдений [Текст] / Х.Х. Турдикулов // Журнал “Проблемы механики”. 2019. - №2. С. 58-62.
10. **Салямова, К.Д.** Расчет высокой грунтовой плотины с учетом напряженного состояния и порового давления (с учетом данных натурных наблюдений) [Текст] / Х.Х.Турдикулов, И.Р. Мифтахова //Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. №7. С.24-32.