

Кокумбаева К.А.

ТОКТОГУЛ СУУ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯСЫНЫН (СЭС)  
БЕТКЕЙЛЕРИНДЕГИ ТОО ТЕКТЕРИНИН МАССИВДЕРИНИН  
ЧЫҢАЛЫП-ДЕФОРМАЦИЯЛАНГАН АБАЛЫН ИЗИЛДӨӨ

Кокумбаева К.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО  
СОСТОЯНИЯ МАССИВА ПОРОД ГОРНЫХ СКЛОНОВ ТОКТОГУЛЬСКОЙ  
ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ (ГЭС)

К.А. Кокумбаева

TO RESEARCH TENSION-STRAINING CONDITION GROUP OF MOUNTAINS  
ON HILLSIDES IN TOKTOGUL POWER STATION

УДК: 624.127:539.3

Бул макалада Токтогул суу электр станциясынын (СЭС) беткейлериндеги тоо тектеринин массивдериндеги горизонталдуу чыңалуунун бөлүштүрүү закон ченемдүүлүктөрү каралган. Беткейлериндеги тоо тектеринин массивдериндеги тартылуучу горизонталдык чыңалуунун минималдык мааниси байкалган суу сактагычтагы суунун оптималдуу деңгээлдери аныкталды.

**Негизги сөздөр:** чыңалып-деформацияланган абал, горизонталдуу чыңалуунун бөлүштүрүлүшү, суу сактагыч, суунун деңгээли, беткейлер, жылышуулар, жаракалар.

В статье рассмотрены закономерности распределения горизонтальных напряжений в зависимости от уровня воды в массиве пород склонов Токтогульской гидроэлектростанции (ГЭС). Установлены оптимальные уровни воды в водохранилище, при котором наблюдаются минимальное значение растягивающих горизонтальных напряжений в массиве склона.

**Ключевые слова:** напряженное состояние, распределение горизонтальных напряжений, водохранилище, уровень воды, склоны, смещения, трещины.

This article is about how to research tension-straining conditions mountain hillsides in Toktogul power station in rather level waters in storage reservoir. Establish an optimal rather level in low meaning extending horizontal supply pressure in massif hillside.

**Key words:** straining condition, horizontal supply pressure, water reservoir, level of water, slope, removal, split.

Известно, что реальный массив не является сплошным и однородным телом. Практически всем естественным скальным массивам свойственно их неоднородность физико-механических свойств пород и трещиноватость. На смещение трещин в массивах влияют множество факторов, в частности, наличие воды в водохранилище является серьезным фактором, которое не только провоцирует активизацию развивающихся на их склонах геологических процессов, но и способствует снижению устойчивости склонов, особенно в пределах участков высоких крутых склонов. Трещиноватость и другие поверхности ослабления превращает горный массив в неоднородную среду, состоящую из отдельных блоков различ-

ных размеров и форм, что в свою очередь приводит к неравномерному распределению напряжений в горном массиве.

В работах [2, 3, 5, 6] отражены результаты исследований по изучению влияния воды в водохранилище на напряженно-деформированное состояние склонов в створе Токтогульской ГЭС. Однако вопрос совместного учета различного физико-механического свойства и блочности (трещины) массива пород в них не уделялось должного внимания.

На основе геоструктурного [4] и сейсмологического [1] разрезов составлена расчетная модель склонов неоднородного сложения Токтогульской ГЭС. Геометрические параметры моделируемых областей показаны на рисунке 1.

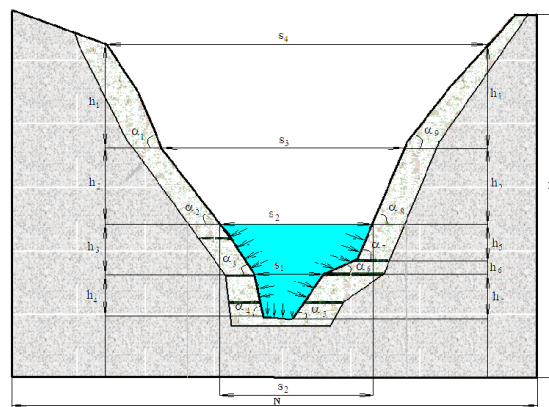


Рис. 1. Геометрические параметры склонов неоднородного сложения.

Створ гидроузла расположен в узком скалистом каньоне, глубина которого достигает 1500-1800м. над уровнем моря, а в расчетной схеме глубина составляет 710м, ширина – 960 м. В поперечном сечении форма ущелья ассиметрична, левый борт крутой 70-80 град., а правый более пологий 60 град. Уровень воды  $h$  согласно напору составляет 170м. Ширина дна долины на этом участке равна 40-50м.

При наполнении водой водохранилище на поверхности склона в любой точке Р согласно закону Паскаля действует давление воды, величина которого зависит от высоты столба воды -h. Участок, испытывающий давления воды находится внутри столба отрезка S. Направление давления воды при этом строго перпендикулярно к контуру склона в любой его точке и определяется по следующему выражению:

$$P = \rho gh, \text{ МПа} \quad [5] \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>, g – ускорения свободного падения, Н/кг, h – высота воды в водохранилище, м.

Для оценки напряженно-деформированного состояния и устойчивости гидротехнических сооружений (плотин, склонов и т.п.) в настоящее время все более широкое применение находят вычислительные комплексы. Подобные комплексы в основном базируются на численном моделировании напряженно-деформированного состояния горного массива. Для моделирования напряженного состояния породного массива склонов неоднородного сложения в створе Токтогульской ГЭС нами использовано программное обеспечение STRESS. Моделирование выполняется методом конечных элементов.

Оценка напряженно-деформированного состояния массива пород склонов неоднородного сложения осуществляется в следующей последовательности: напряженно-деформированное состояние склонов без учета давления воды в водохранилище; напряженно-деформированное состояние склонов с учетом изменения давления воды при различных уровнях водохранилища.

На рисунке 2 представлено распределение горизонтальных напряжений без учета воды. Из рисунка видно, что значения растягивающих горизонтальных напряжений в зоне сохранных пород изменяются с 0,14МПа до 2,37МПа, а в зоне разгрузки изменяются с 0,14МПа до 1,26МПа.

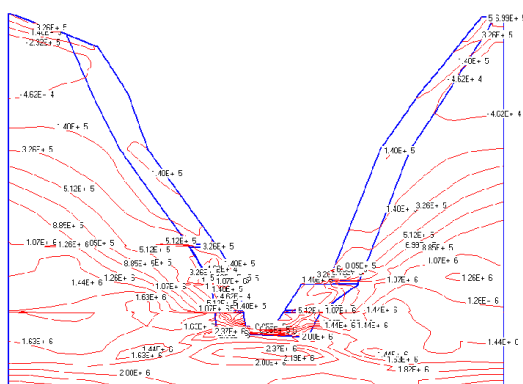


Рис. 2. Распределение горизонтальных напряжений склонов неоднородного сложения без учета давления воды в водохранилище.

Отсюда видно что, разница между максимальным и минимальным значениями горизонтальных напряжений в зоне сохранных пород меньше, чем в зоне разгрузки. В зоне сохранных пород значение напряжений равно 1,26МПа, а в зоне разгрузки оно уменьшается до 0,69МПа. Наибольшая концентрация горизонтальных напряжений наблюдается в местах пересечения дна и бортов (правого и левого) склона. В левом борту в нижней части уступа происходит незначительная концентрация напряжений, величина которых меняются от 0,14МПа до 0,69МПа. Максимальное значение горизонтальных напряжений находится в области дна каньона на глубине 1S (где S-ширина дна каньона) от дна и составляет 2,37МПа.

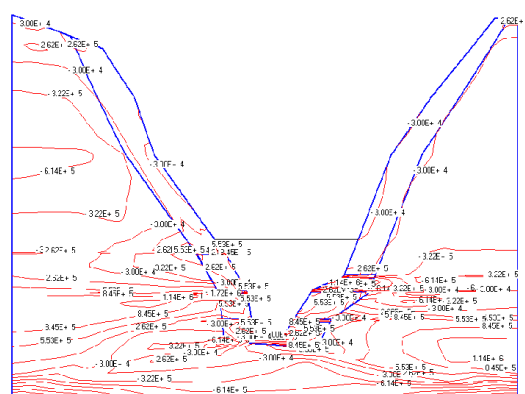


Рис. 3. Распределения горизонтальных напряжений в склонах неоднородного сложения (при уровне воды -170м).

В левом и правом бортах (рис. 3.) на высоте (0,5-1,0) S от дна каньона возникают горизонтальные растягивающие напряжения, значения которых равны от 0,553 МПа до 1,14 МПа. В обоих бортах на уровне дна каньона значения растягивающих горизонтальных напряжений составляют от 0,279 МПа до 1,01 МПа. В области дна каньона, начиная с глубины, равной ширине дна горизонтальные напряжения становятся сжимающими. При этом значения сжимающих напряжений составляет - 0,322 МПа.

По сравнению с вариантом без учета воды напряжения в центральной части дна, на глубине 1S от дна водохранилища горизонтальные напряжения уменьшаются в 6 раз. Отсюда можно сделать вывод, что 170 м является максимальным оптимальным уровнем воды в водохранилище, но придерживать максимальный уровень воды водохранилище невозможно, так как выработка электроэнергии зависит от расхода воды.

При уровне воды 130 м (рис. 4.) в области дна каньона наблюдаются горизонтальные растягивающие напряжения, значения которых меняются от 0,0693 МПа до 0,878 МПа. Сравнение распределения растягивающих горизонтальных напряжений с другими вариантами показывает, что при рассматриваемом



2. Уровень воды в водохранилище является фактором, оказывающим влияние на равновесие массивов пород склона. Установлено, что при снижении уровня воды в водохранилище в массиве склона прилегающего к водохранилищу возникают растягивающие напряжения. Зона растягивающих горизонтальных напряжений наблюдается в области выше уровня воды и в основании водохранилища.

3. Установлено, что наличие воды в водохранилище в склонах однородного и неоднородного сложений приводит к разгрузке горизонтальных сжимающих напряжений. В центральной части дна на глубине, равной ширине дна каньона, горизонтальные сжимающие напряжения по сравнению с вариантом без учета воды меняют свой знак и уменьшаются 6-7 раз.

4. Установлено, что оптимальными уровнями воды в водохранилище являются 130 м и 170 м, при котором наблюдается минимальное значение растягивающих горизонтальных напряжений на уровне воды и максимальное значение сжимающих горизонтальных напряжений.

#### Литература:

1. Веденева Б.Е. Рекомендации по методике составления геофизических схем (моделей) скальных массивов в основаниях бетонных плотин: П96-81 / ВНИИГ. - Л., 1980. - С. 119.
2. Гисс. Р.Е. Исследование основных закономерностей деформаций скальных склонов и совершенствование методики их изучения (в условиях района строительства Токтогульской ГЭС). - Фрунзе, 1975. - С. 40.
3. Жумабаев. Б. Об изменении естественного напряженного состояния массивов в основании каньонов при действии гидростатической нагрузки. Научно-технический прогресс в дорожном строительстве. - Фрунзе: Илим, 1988. - С. 190.
4. Каякин В.В. Опыт применения перфокарт для документации разрывных тектонических нарушений и блоков горных пород, отчлененных трещинами бортового отпора (на примере Токтогульского гидроузла) / В.В. Каякин// Труды гидропроекта. - 1970. - С. 19.
5. Степанов. В.Я. Механика горных склонов. – Бишкек: Илим, 1992. - С. 192.
6. Токтогульская ГЭС на р. Нарын. Технический проект основных сооружений. Т.1. - Природные условия, инженерно-геологическое обоснование. - Ташкент: САО Гидропроект, 1969. - С. 301.

Рецензент: к.т.н., доцент Асилова З.А.