

*Кокумбаева К.А*

**ГИДРОАГРЕГАТТЫН ТЕРМЕЛҮҮСҮНҮН ТОКТОГУЛ ГЭСИНИН  
БЕТКЕЙЛЕРИНЕ ТИЙГИЗГЕН ТААСИРИ ЖӨНҮНДӨ**

*Кокумбаева К.А*

**О ВОЗДЕЙСТВИИ ВИБРАЦИИ ГИДРОАГРЕГАТОВ НА ДЕФОРМАЦИИ СКЛОНОВ  
В СТВОРЕ ТОКТОГУЛЬСКОЙ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

*К.А. Kokumbaeva*

**ABOUT THE IMPACT OF VIBRATION ON THE STRAIN OF HYDRAULIC UNITS  
OF SLOPES IN THE ALIGNMENT OF TOKTOGUL**

УДК: 622.83

*Гидроагрегаттын термелүүсүнүн жер кыртышына болгон таасирин аныктоо. Гидроагрегаттын электр энергияны өндүрүүсүн минимумга азайтуу, термелүүнүн курчап турган жер кыртышына тийгизген тескери таасирин жокко чыгаруу болуп эсептелет.*

**Негизги сөздөр:** *чыңалуу абалы, суу сактагыч, суунун деңгээли, беткейлер, термелүү, жылуулар, жаракалар, гидроагрегат.*

*Определение влияния вибрации гидроагрегатов на массив. Установлено, что снижение выработку электроэнергии гидроагрегатов на минимум, позволяет устранить вредное воздействие вибрации на окружающий массив.*

**Ключевые слова:** *напряженное состояние, водохранилище, уровень воды, склоны, вибрация, смещение, трещины, гидроагрегат.*

*Determination of the effect of vibration on an array of hydraulic units. It was found that the decrease in electricity production of hydraulic units at least, eliminates the harmful effects of vibration on the surrounding array.*

**Key words:** *stressstate, avater basin, reservoir water level, slopes, vibration, displacement, cracks, hydraulic unit.*

Токтогульское водохранилище – водохранилище на территории Токтогульского района Джалал-Абадской области. Образовано плотиной Токтогульской ГЭС на реке Нарын [4]. Является самым большим водохранилищем в Центральной Азии. Объем чаши ГЭС составляет 19,5 км<sup>3</sup>. На 22 июля 2014 года объем воды составлял 18 миллиардов 207 миллионов кубометров [5]. В каскад Токтогульских ГЭС входит две станции – непосредственно Токтогульская мощностью 1200 МВт и Курпсайская мощностью 800 МВт [5]. Высота плотины Токтогульской ГЭС составляет 215 м. Устойчивость и прочность плотины обеспечивается не только действием собственного веса (60%), но и работой гидроагрегатов, колебанием

уровня воды в водохранилище с передачей нагрузки на скальные берега (40%).

Характеристика динамики изменения уровня воды в водохранилище – скорость повышения или снижения горизонта в расчетном интервале времени – в диспетчерских графиках не оговаривается. Однако эта характеристика имеет важное и часто определяющее значение для безопасности гидротехнических сооружений.

Колебания уровня воды в водохранилище в процессе его эксплуатации сопровождаются перестройкой напряженно-деформированного и фильтрационного состояния массива. При изменении уровня воды в водохранилище, в массиве могут возникать зоны избыточного давления, в которых развиваются процессы разрушения массива. При этом разрушение происходит за счет прорастания крупных проницаемых трещин, в то время как концентрация маленьких трещин может остаться прежней.

В результате этого и ряда других явлений, также оказывающих отрицательное воздействие на безопасность гидротехнических сооружений, возникает необходимость поддерживать определенных ограничений при назначении режимов работы водохранилища.

Очевидно, что применение ограничений изменения уровня воды в водохранилище приводит к изменению режима работы водохранилища, и как следствие – к изменению режима работы гидроэлектростанции. Также изменяются показатели работы гидроэлектростанции в сравнении с вариантом, при котором эти ограничения не учитываются (уменьшаются среднегодовая выработка электроэнергии, гарантированная зимняя мощность и др.).

Как отмечается, с начала года выработано 12 миллиардов 418 миллионов 619 тысяч киловатт-

часов электричества. «На всех генерирующих объектах проведены противоаварийные тренировки персонала. Выполнен капитальный и средний ремонт гидроагрегатов Токтогульской, Курпсайской, Таш-Кумырской, Ат-Башынской, Шамалды-Сайской ГЭС. Продолжается капитальный ремонт второго гидроагрегата Учкурганской ГЭС».

Судя по информации в настоящий момент объем воды в Токтогулке чуть больше 11 млрд. 970 млн. кубометров. Причина, почему мы от этого не можем получить достаточно энергии – со снижением уровня воды уменьшается ее давление. Ну а с малым давлением невозможно получить много энергии. Этой зимой мы сможем запустить в работу 4 млрд. кубометров воды. Однако, оставшиеся после этого 7 млрд. кубометров не дадут возможности для дальнейшей работы ГЭС. Если при объеме 7,1 млрд. кубометров полностью не остановить агрегаты ГЭС, то принесло бы угрозы работе ГЭС (авария на Саяно-Шушинской ГЭС 2009 года). Поэтому нам правильной не рисковать, надо остановить половину гидроагрегатов. Тем не менее, для нас сейчас исключительно важно, чтобы мы опять установили 15-ти миллиардный режим государственного порядка в использовании водных ресурсов Токтогульского водохранилища. Только тогда после окончания зимы осталось бы 8-9 млрд. кубометров воды и это не принесло бы угрозы работе ГЭС. Предельно малым объемом воды в водохранилище считается граница в 5,1 млрд. кубометров.

Известно, что массивы горных пород в бортах глубоких каньонов при строительстве и эксплуатации гидроузлов в горных условиях систематически подвергаются влиянию различных динамических нагрузок – землетрясений, промышленных взрывов, вибраций от работающих гидроагрегатов и других. При этом особый интерес вызывает вибрация, вызванная работой гидроагрегатов при их пуске и остановке, от короткого замыкания в обмотках генератора, от движущегося транспорта.

Динамические воздействия разделяют: стационарные и нестационарные. К стационарным относятся воздействия, частота и амплитуда которых не изменяются со временем. К ним можно отнести воздействия, связанные с колебаниями гидроагрегатов при установившемся режиме их работы, пульсацию в проточной части.

Воздействия, вызванные пуском, остановкой, т.е. вибрация, сбросом нагрузки агрегатов, коротким замыканием в обмотках генератора, землетрясением относятся к нестационарным [1,3].

В генераторах преобладает магнитоэлектрическая составляющая вибрации.

Магнитоэлектрической называют явление деформации кристаллической решетки магнитного материала при его намагничивании. В процессе возрастания индукции сначала происходит смещение границ кристаллов материала, а затем их вращение, что ведет к изменению линейных размеров стали. Измеряется магнитоэлектричество в относительных единицах измене-

ния длины  $\lambda = \Delta L / L$ . Магнитоэлектрические удлинения стали могут достигать нескольких десятков микрон на один метр длины.

При перемагничивании магнитной системы генераторов индукция в ней достигает максимума дважды за один период частоты переменного тока, что соответствует двукратному изменению длины листов стали магнитной системы. Это ведет к периодическим колебаниям магнитной системы на удвоенной частоте переменного электрического тока (вибрация с частотой 100 Гц при частоте сети 50 Гц).

Говоря о значении магнитоэлектричества, имеется в виду среднее (по длине листа) максимальное значение, соответствующее определенной индукции без учета гармонических составляющих.

Не смотря на установленные в зимний период по региону лимита рост потребления электро-энергии в 2007 году составил - 3-4%. Больше всего света потребляют население. Если 1991 году на него приходилась 28-30%, то сейчас этот уровень достиг почти 60%. Из-за примерзания истоков резко уменьшился приток воды в главной реке Кыргызстана в Нарыне.

Если в прошлые годы в январе приток держался на отметках 160-180 кубометров в секунду, то январь 2015 – года среднее значение притока составляет 112 кубометров в секунду. В некоторые дни он опускался ниже 100 кубометров в секунду [5]. В итоге из постоянного сброса воды с Токтогульского водохранилища объем достиг критической точки – 6,5 млрд. кубометров.

В целях не повторение горького опыта Таджикистана в ограничении электропотреблении, следует более экономично ее использовать. Отсюда вывод, если существует проблемы с электроэнергией, лучше заниматься энергосбережением.

В настоящее время известны следующие способы энергосбережения:

1. Снизить коммерческие потери электроэнергии.
2. Использовать энергосберегающие лампы на освещение.
3. Распространять применение альтернативных источников энергии.

В Токтогульском гидроэлектростанции работают 4 генератора по 300 МВт.

При нормальных условиях работы генератор отключают один раз в год на плановый ремонт. В данное время в связи с энергосбережением в Токтогульском гидроэлектростанции на ночное время отключают одного генератора, а в остальных 3-х генераторов снижают выработку на минимум. При этом установлено, что вибрация при работе гидроагрегатов отличается от вибрации при пуске.

При пуске гидроагрегатов появляется вибрация, которая приведет к вибросмещениям. Вибросмещение – это один из источников возбуждения колебаний в массиве горных пород. Вибросмещения носят обратимый характер и затухают через 3-4 часа после включения гидроагрегатов.

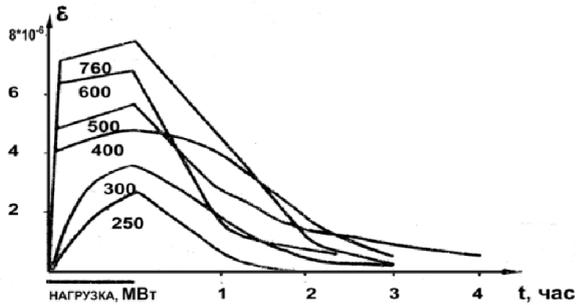


Рис. 1. Затухание вибросмещений во времени и зависимость их от режима работы и мощности гидроэлектростанции [2].

Из рисунка 1 также видно, что амплитуда вибросмещений почти линейно зависит от режима работы гид-роагрегатов, т.е. от вырабатываемой станцией мощности, а также от расстояния до источника вибрации и степени нарушенности массива горных пород.

В зонах влияния трещин 69 и 995, расположенных в массиве Токтогульского гидроузла, амплитуда вибросмещений больше, чем в ненарушенном массиве (рис. 2) [2].

В период энергетических трудностей и связанные с ним частые остановки гидроагрегатов усиливают отрицательное воздействие вибрации. В связи с этим, изучение и оценка влияния вибраций, на напряженно-деформированное состояние окружающего массива является первоочередной и актуальной задачей.

Выявлено, что частое воздействие вибраций на массив способствует его разгрузке от напряжений, ослабляет прочность массива, снижая сцепление по трещинам, и оказывает влияние на развитие деформаций ползучести.



Рис. 2. Вибросмещения по трещине 995 и в ненарушенном массиве при работе гидроагрегатов [2].

Установлено, что во избежание вредного влияния вибрации необходимо не останавливать гидроагрегат, а снизить выработку электроэнергии на минимум, это позволяет устранить вредное воздействие вибрации на окружающий массив.

**Литература:**

1. Губин Ф.Ф. Гидроэлектрические станции. - Москва, 1977. - С. 366.
2. Степанов В.Я. Механика горных склонов. – Бишкек, 1992. - С. 192.
3. Научно-практический и производственно-технический журнал «Электрооборудование», №10, 2008.
4. Токтогульская ГЭС на р. Нарын. Технический проект основных сооружений. Т. 1. Природные условия, инженерно-геологическое обоснование. – Ташкент: САО Гидропроект, 1969. - С. 301.
5. Технический отчет по натурным наблюдениям за состоянием гидротехнических сооружений Каскада Токтогульских ГЭС за 2015 год.

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