

УДК 624.012.45(470.64)

ББК 38.53

Б-42

Бекиев Мухтар Юсубович, доктор технических наук, профессор, декан факультета «Природообустройство» Кабардино-Балкарской государственной сельскохозяйственной академии, e-mail: mbekk@mail.ru;

Блягоз Алик Моссович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных и общепрофессиональных дисциплин Майкопского государственного технологического университета, т.: 89184205021, e-mail: alfa-maikop@yandex.ru.

ОБСЛЕДОВАНИЕ КАНАЛА И ПРИЧИНЫ АВАРИИ НА КАШХАТАУ ГЭС В КБР (рецензирована)

В статье рассмотрена проблема оценки прочности и трещиностойкости железобетонных конструкций гидротехнических сооружений при аварийных ситуациях. Проанализированы методика обследования конструкций, и расчетные схемы лоткового канала. Проведены поверочные расчеты различных вариантов приложения нагрузки и работы элементов сооружения. Расчеты реализованы по методике норм и, включая расчет по стандартизированному программному комплексу.

Ключевые слова: строительные конструкции, методы расчета, нагрузка, безопасность, прочность, деформации, трещиностойкость, железобетон, гидротехника.

Bekiev Mukhtar Yusubovich, Doctor of Technical Sciences, professor, dean of the faculty "Environmental Engineering", Kabardin -Balkar State Agricultural Academy, e-mail: mbekk@mail.ru;

Blyagoz Alec Mossovich, Candidate of Technical Sciences, assistant professor of the Department of Construction and General Professional Disciplines, Maikop State Technological University, tel: 89184205021, e-mail: alfa-maikop@yandex.ru.

INSPECTION OF THE CHANNEL AND CAUSES OF THE ACCIDENT AT KASHKHATAU HPS IN KBR (reviewed)

The paper considers the problem of assessing the strength and crack resistance of reinforced concrete structures of hydraulic constructions in emergency situations. Methods of inspection of constructions and calculation schemes of chute channel have been analyzed. Calibration calculations of various options for application of the load and work of construction parts have been carried out. The calculations have been realized by the method of norms including the calculation of standardized program complex.

Keywords: building structures, methods of calculation, the load, safety, strength, deformation, fracture toughness, reinforced concrete.

При пробных испытаниях работы Кашхатауской ГЭС в КБР в конце 2010 г. произошла аварийная ситуация, которая привела к разрушению части железобетонной стенки деривационного канала. Для выяснения причин аварии было необходимо провести обследование сооружения.

Лоток – канал имеет «прямоугольное» сечение. Высота стенки лотка 7,68 м. от днища. Толщина днища 0,9 м, толщина стенок от 0,8 м до 0,57 м. по высоте, ширина лотка около 7,0 м, максимальный уровень воды в лотке 6,68 м. Уровень грунтовых насыпей с обеих наружных сторон лотка составлял по 2,5 м при ширинах 8,0 и 4,2 м. (рис. 1, 2).

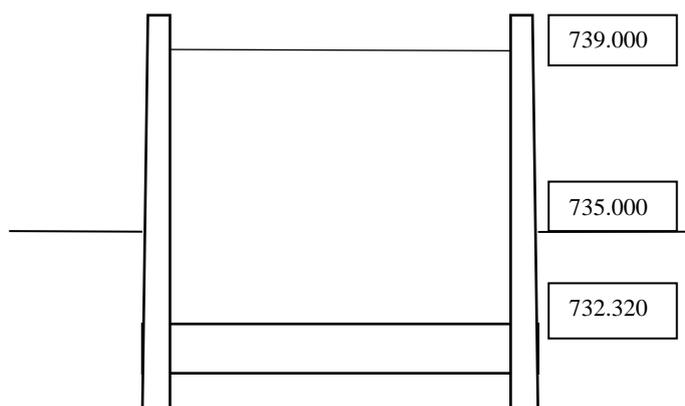


Рис. 1. Расчетное сечение лотка

При выяснении причин разрушения были проведены обследования сооружения. Обследования проводились визуально и инструментально с применением приборов неразрушающего действия, а так же с испытанием образцов арматуры и бетона, извлеченных в установленном порядке, в специализированных лабораториях. Несмотря на то, что при производстве работ были допущены некоторые нарушения требований к качеству производства строительных работ, результаты исследования свойств строительных материалов показали их соответствие проектным и нормируемым прочностным требованиям. Образцы бетона и арматуры отбирались непосредственно с элементов аварийного участка сооружения.



Рис. 2. Фрагмент разрушенной стенки лотка

Был проведен поверочный расчет принятой конструкции лотка согласно действующим нормативным документам [2-4].

На сооружения данного типа, кроме собственного веса воды и железобетона, могут воздействовать еще и такие специфические воздействия как: ледовые, гололедные, ветровые, оползневые, просадочные в грунтах, сейсмические, волновые от воды и иные динамические и статические постоянные и временные нагрузки, которые необходимо учитывать с оценкой их возможного сочетания и изменения по величине и направлению.

На момент аварийной ситуации, на лоток реально действовали усилия: от собственного веса сооружения, действия воды в канале и нагрузки от грунтовых насыпей разных ширин с внешних сторон канала. Железобетонный канал размещен на специально подготовленном грунтовом основании согласно проекту.

Для расчета стенки лотка было рассмотрено два экстремальных расчетных случая: 1-й расчетный случай – нагрузка от действия воды в лотке без учета разгружающего действия грунта насыпи и 2-й расчетный случай – нагрузка от действия грунта насыпи на стенку лотка без наличия воды в лотке.

Усилия в наиболее опасных сечениях от гидростатического давления воды и собственного веса стенки лотка рассмотрены, в поверочных расчетах, на часть элемента стены шириной $b = 1$ м. как для статически определимой консоли. После проверки трещиностойкости сечения, и установления необходимости учета противодействия воды проведен «ручной» и «машинные» расчеты.

При варианте расчета элемента как внецентренно-сжатого, с учетом прогибов по методике норм, несущая способность сечения оказалась ниже расчетной на 17,7 %.

При варианте расчета того же сечения как изгибаемого элемента, несущая способность сечения оказалась ниже расчетной на 20,9 %,.

При варианте расчета того же сечения как изгибаемого элемента при помощи программного комплекса «Лира», несущая способность сечения оказалась ниже необходимой по расчету на 21,5 %.

Следует отметить, что в технической литературе, для данного типа сооружений, расчет стенки лотковой конструкции рекомендуется вести как для изгибаемого элемента, где внутренняя арматура подбирается по первому расчетному случаю, т.е., без учета давления грунта насыпи, а внешняя арматура подбирается по второму расчетному случаю, т.е., на действие давления грунта насыпи с внешней стороны

«сухого» лотка. Такой подход к расчету повышает эксплуатационную надежность сооружения и представляется вполне обоснованным.

Для оценки реального напряженно-деформированного состояния в сечении стенки лотка на момент аварии проведен поверочный расчет стенки лотка с учетом возможного совместного действия давления воды и грунта насыпи в состоянии покоя. С учетом усилия от противодействия воды и с учетом прогибов в данном варианте, несущая способность сечения на 12% ниже необходимой по расчету.

Проведенный расчет лотка при помощи программного комплекса «Лири» показал на необходимость установки большего армирования и увеличения сечения при расчетах по прочности и трещиностойкости стенки, а так же трещиностойкости дна лотка.

Надежность рассчитанного и построенного сооружения оказалась не достаточной в сравнении с ожидаемой по проекту.

Полученное превышение предельных расчетных напряжений в арматуре на 12% недопустимо. Достижение уровня предельных напряжений в арматуре очевидно и привел к аварии.

Сама методика расчета железобетонных элементов по предельным состояниям через введение различных коэффициентов к нормируемым величинам, закладывает определенную надежность или некий «резерв» в работу сооружений. Но превышение напряжений в конструкции или даже достижение ими максимальных величин приводит к разрушению и аварии элемента или всего сооружения.

На наш взгляд, коэффициент надежности по классу сооружения $\gamma_n = 1,15$ недооценивает реальную работу данного типа сооружений. Применять коэффициент условия работы арматуры $\gamma_s = 1,1$ представляется недопустимым для таких сооружений, так как, при изгибе или внецентренном сжатии с большими эксцентриситетами приложения сил, возможная работа стали в зоне «самоупрочнения» или в неупругой зоне деформирования выше условного предела текучести для соответствующих арматурных сталей не обеспечивается механикой разрушения железобетонного сечения.

В статически неопределимых системах, при перераспределении части нагрузки по различным элементам несущих конструкций и их узлам, возможна работа арматуры на площадке текучести и в зоне самоупрочнения, но в статически определимых системах такая работа арматуры не находит практического подтверждения, гарантирующего надежность ее работы в конструкции.

В рассмотренных типах сооружений возможно действие многократно и многократно повторных нагружений с высоким коэффициентом асимметрии циклов. Такие воздействия снижают прочность бетона и арматуры и это необходимо учитывать в расчетах.

Рекомендованные нормами расчета железобетонных конструкций гидротехнических сооружений методики недооценивают работу конструкций, не обеспечивают надлежащую надежность некоторых видов сооружений по прочности и по трещиностойкости и нуждаются в корректировке.

Литература:

1. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений: СП 13-102-2003. М., 2004.
2. Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений: СНиП 2.06.08-87. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988.
3. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения: СНиП 52-01-2003. М., 2004.
4. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры: СП 52-101-2003. М., 2004.
5. Гидротехнические сооружения. Основные положения расчета: СНиП 33-01-2003. М., 2004.

References:

1. *Terms of inspection of bearing constructions of buildings: SP 13-102-2003. M., 2004.*
2. *Concrete and reinforced concrete structures of hydraulic construction: SNiP 2.06.08-87.M.: USSR State CITP. 1988.*
3. *Concrete and reinforced concrete structures. The main provisions: SNIP 52-01-2003. M., 2004.*
4. *Concrete and reinforced concrete structures without prestressing reinforcement: SP 52-101-2003. M., 2004.*
5. *Hydraulic structures. The main provisions of the calculation: SNIP 33-01-2003. M., 2004.*