

УДК 502/504:532.5

М. А. Волынов, канд. техн. наук, доцент

Контактная информация: тел. 8 (495)976-09-00, e-mail: mail@vniigim.ru

Государственное научное учреждение

«Всероссийский НИИ гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова»

В. А. Волосухин, доктор техн. наук, профессор**Е. Н. Белоконев**, канд. техн. наук, профессор

Контактная информация: тел. 8 (86352) 2-41-64, e-mail: magnet.ru

Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования

«Новочеркасская государственная мелиоративная академия»

О ПОВЫШЕНИИ НАДЕЖНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ВЕРХНЕГО БЬЕФА ЗАГОРСКОЙ ГАЗС-2

К 2015 г. ОАО РАО «ЕЭС России» планирует достичь ежегодного ввода мощностей 11,8...12,0 ГВт на станциях всех типов — это выше темпов ввода гидрогенерирующих мощностей, достигнутых в 60–70 гг. XX века Минэнерго СССР.

By 2015 OAO RAO «UES of Russia» plans to reach an annual putting into operation of productive capacities 11,8...12,0 GW at the stations of all types — these rates are higher than the USSR Minenergo rates of putting into operation of hydrogenerating capacities in the 60-70es of XX century.

Программой развития энергетической базы России предусматривается строительство на Европейской территории страны преимущественно атомных электростанций. Их удельный вес в общем балансе мощностей к 2020 г. может превысить 25 %. В [1] отмечается, что технологическое оборудование действующих и намечаемых в перспективе атомных электростанций обладает ограниченными возможностями регулирования мощностей энергоблоков, особенно в оперативном режиме. В то же время, неравномерность суточных графиков электрической нагрузки по регионам уже в настоящее время характеризуется коэффициентами отношения минимума к максимуму в пределах от 0,68 до 0,87 и по опыту развитых стран может иметь тенденцию к разуплотнению. Это связано в основном с опережающим ростом коммунально-бытовых нагрузок.

В странах со значительным удельным весом атомных электростанций в структуре мощностей технологические ограничения, определяющие режим работы станции, преодолеваются преимущественно строительством гидроакку-

мулирующих электростанций, доля которых во Франции составляет 10 % от мощности атомных электростанций, в Японии доходит до 30 %.

Гидроаккумулирующие электростанции перераспределяют электроэнергию, вырабатываемую другими электростанциями, во времени в соответствии с требованиями потребителей. Принцип действия гидроаккумулирующей станции основан на ее работе в двух режимах: насосном и турбинном. В насосном режиме вода из нижнего бассейна перекачивается в расположенный выше верхний бассейн. В турбинном режиме такие электростанции используют запасенную в верхнем бассейне воду. Агрегаты при этом вырабатывают электроэнергию, которая подается потребителю в часы пиковой нагрузки.

Загорская гидроаккумулирующая электростанция-2 имеет простую схему аккумулирования, длительность цикла аккумулирования — сутки.

Опыт эксплуатации водозабора Загорской гидроаккумулирующей электростанции (верхнего бьефа) показал, что одним из недостатков с гидравлической точки зрения является возникновение

на входе водоворотов воронок всасывания. Эти вихревые воронки ухудшают работу сооружения, снижая его надежность. В процессе эксплуатации они могут приводить к кавитационным явлениям (разрушению) не только бетонной облицовки на входе в верхний оголовок, но и уменьшать пропускную способность за счет воздушного жгута, который может достигать гидротурбин. В связи с этим по заданию заказчика — Государственного научного учреждения «Всероссийский НИИ гид-

ротехники и мелиорации» Россельхозакадемии от 01.12.2006 г. Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новочеркасская государственная мелиоративная академия» выполняет гидравлические исследования водоприемника верхнего бассейна Загорской гидроаккумулирующей электростанции-2 на реке Кунья с применением гидравлического моделирования.

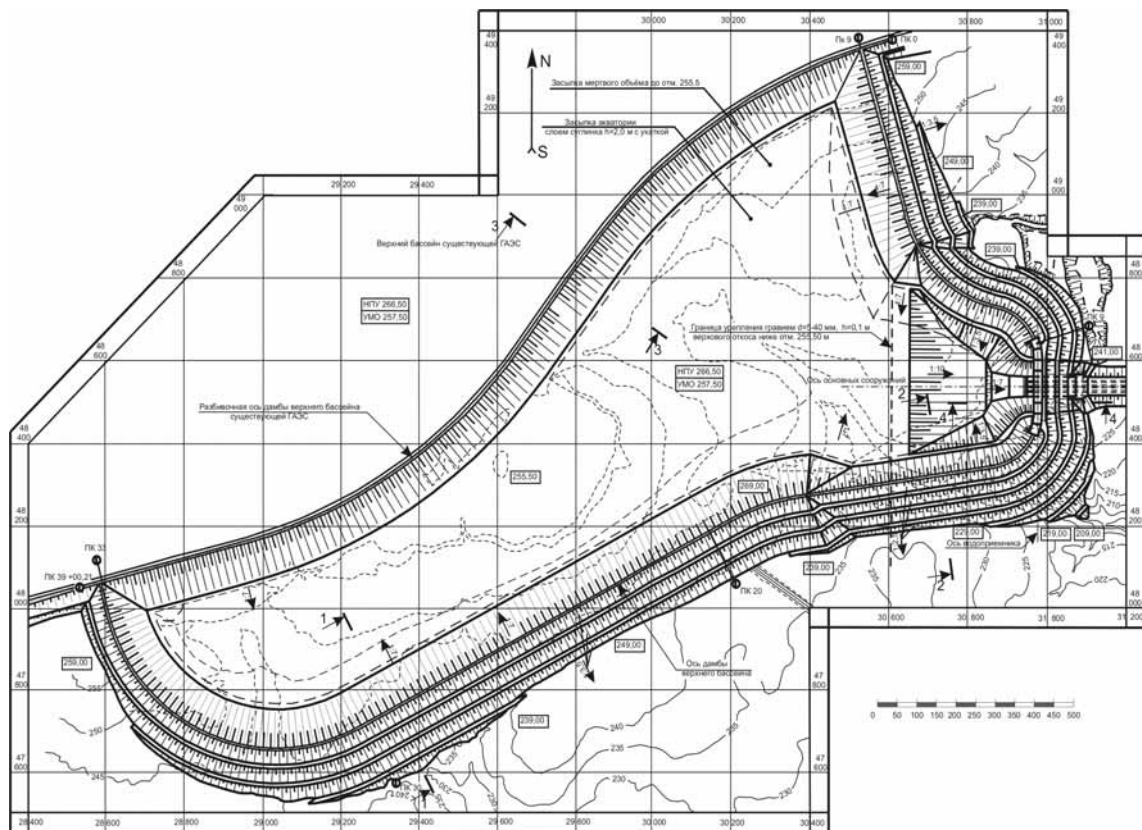


Рис. 1. Верхний бьеф Загорской гидроаккумулирующей электростанции-2: 1 — верхний водоем; 2 — водоприемник; 3 — входной оголовок; 4 — трубопровод

Верхний бассейн 1 представляет собой емкость, ассиметрично запроектированную по отношению к продольной оси основных элементов сооружения (ниток водовода), что приводит к неравномерному подходу воды к водоприемнику 2. Площадь этого бассейна составляет около 1,4 млн м², а глубина нижнего подпертого уровня — 11,0 м. Глубина от нижнего подпертого уровня до уровня мертвого объема составляет 9,0 м. Объем воды в пределах от нижнего подпертого уровня до уровня

мертвого объема достигает 14,0 млн м³, а от нижнего подпертого уровня до дна — около 17 млн м³.

Водоприемник 2 — сужающаяся часть, дно которой имеет три уклона с заложением от 1:10 до 1:7. Перед входным оголовком дно имеет нулевой уклон. Заложение откосов — 1:3,5.

Из водоприемника вода поступает в верхний оголовок, проходя через четыре отверстия переменного поперечного сечения, разделенные тремя бычками переменного сечения по высоте.

Для перекрытия отверстий трубопровода предусмотрены плоские затворы.

К турбинам по четырем трубам подается расчетный расход воды $Q_p = 944 \text{ м}^3/\text{с}$. Гидравлический перепад, т. е. статический напор (при работе труб в напорном режиме) равен 104,0 м.

Анализ результатов исследований А. Х. Халпахчана, А. Д. Альтшуля, В. И. Поликовского, Р. Г. Перельмана и других ученых показывает, что при определенных условиях в истечении воды через отверстия может возникнуть винтообразное движение, которое иногда обуславливает появление так называемой воздушной воронки.

Вращение воды, часто возникающее вследствие асимметрии подводящей части (в нашем случае верхнего бассейна), порождает вихрь и формирует неглубокую впадину на поверхности воды. С ростом скорости уровень поверхности воды понижается, и в конечном счете пузырьки прорываются в водозабор и могут сформировать воздушное ядро. Попадание 1 % воздуха в заборник насоса (турбины) снижает его КПД до 15 % [2]. При этом вихревая воронка может засасывать плавающие на поверхности предметы.

В гидротехнической лаборатории Новочеркасской государственной мелиоративной академии для рассмотрения условий возникновения вихревых воронок на входе в сооружение была смоделирована и построена гидравлическая модель в масштабе 1:50 натуральной величины с размерами в плане 13,6x8,7 м и высотой 2,0 м.

В процессе исследований гидравлической модели были установлены причины возникновения вихревых воронок, определена степень их влияния на работу гидроаккумулирующей электростанции и разработаны мероприятия по снижению таких воздействий на пропускную способность. В зависимости от колебаний воды в верхнем бьефе, маневрирования затворов на водоводе замеряли продольные и попе-

речные усредненные скорости по глубине и ширине водоприемника.

По результатам научных лабораторных исследований установлено следующее [3]:

при опорожнении верхнего бассейна на поверхности отмечается горизонтальное вращение вследствие асимметричного положения этого бассейна по отношению к продольной оси сооружения;

наличие горизонтально-поступательного движения потока провоцирует периодический снос водоворотов;

начиная с глубины 24,2 м перед сооружением появляются водовороты (вихревые вальцы), вызываемые поступлением воды в трубы водовода. Их диаметр возрастает с 5,5 до 14,0 м (по мере уменьшения воды в водоприемнике);

чем меньше глубина в водоприемнике перед входным оголовком, тем больше неравномерность распределения скоростей по глубине;

в большинстве случаев поперечные составляющие усредненных скоростей превышают продольные. Это обосновано неравномерностью распределения водного потока по поперечному сечению водоприемника, плановым горизонтальным вращением потока и сходом воды с откосов к продольной оси водоприемника. Именно это явление, по мнению авторов, провоцирует появление водоворотов.

С целью снижения воронкообразования на входе в трубы водовода, повышения надежности работы сооружения при эксплуатации предложена модернизированная конструкция водоприемника и входного оголовка. В отличие от первоначального проектного варианта бычки короче, но имеют высоту до верха сооружения. Криволинейный козырек короче первоначального, но переходит в забральную стенку. В пазах бычков расположено устройство для сороудерживающих или ледоудерживающих решеток.

Выводы

Модернизированные водоприемник и оголовок позволяют значительно

повысить надежность работы и безопасность Загорской гидроаккумулирующей электростанции-2:

отсутствует плановое вращение потока на поверхности водоприемника;

водный поток плавно подходит к входному оголовку без больших поперечных составляющих скоростей;

вихревые воронки образуются в основном в двух средних отверстиях (из четырех), и интенсивность их вращения по сравнению с существующим вариантом водоприемника и оголовка незначительная;

вихревые воронки (водовороты) практически не влияют на пропускную способность водовода, а энергия их вращения не может воздействовать на целостность бетонного крепления;

ледо(соро)удерживающие решетки при их установке еще больше снижают вероятность появления вихревых воронок.

Для проектирования и реконструкции рекомендуется модернизированный вариант водоприемника и входного оголовка.

Ледоудерживающую решетку сле-

дует перенести от забральных стенок к началу бычков. Это позволит облегчить очистку сооружения от льда, плавающих тел, а также свести к минимуму воронкообразование.

Ключевые слова: гидрогенерирующие мощности, гидроаккумулирующие электростанции, модернизированный водоприемник, вихревые воронки, бетонное крепление, воронкообразование.

Список литературы

1. **Фельдман, Б. А.** Курский энергетический комплекс [Текст] / Б. Н. Фельдман, В. А. Лукьянов, И. И. Паринов // Гидротехническое строительство. — 2005. — № 8. — С. 12–14.
2. **Zanker, K. J.** Some Hydraulic Modelling Techniques, Symp. on Model Testing of Hydraulic Machinery and Associated Structures [Text] / K. J. Zanker // Jnst Mech. Engrs. — London, 1968.
3. Гидравлические исследования водоприемника верхнего бассейна Загорской ГАЭС-2 с применением физического моделирования [Текст]: отчет о НИР (промежуточ.) : 245 / Новочеркасская гос. мелиор. акад. ; исполн. : Волосухин В. А., Белоконев Е. Н. — Новочеркасск, 2007. — 178 с.