



МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДНЕСТРОВСКОЙ ГАЭС

В статье рассмотрены вопросы повышения безопасной эксплуатации Днестровской ГАЭС путем установки предтурбинного кольцевого затвора и быстродействующих затворов на водоприемнике и водовыпуске.

Ключові слова: гідроакумуляюча електростанція,

Днестровская ГАЭС будет самой крупной в Украине и одной из крупнейших в Европе гидроаккумулирующей электростанцией.

ГАЭС предназначена для использования в качестве источника пиковой мощности, аварийного и частотного резерва, потребителя мощности в насосном режиме в часы провала в графике нагрузок и источника реактивной мощности в энергосистеме.

В состав гидросооружений ГАЭС входит верхний водоем, водоприемник, напорные водоводы, здание ГАЭС, отводящие водоводы и водовыпуск.

Учитывая протяженность проточного тракта и технологическую особенность гидросооружений ГАЭС, безопасной эксплуатации станции в проекте было уделено большое внимание.

На Днестровской ГАЭС, при полном развитии, будет установлено семь гидроагрегатов с вертикальными насос-турбинами радиально-осевого типа диаметром $D_1 = 7,3$ м и синхронными вертикальными генераторами-двигателями установленной мощностью в турбинном режиме 2268 МВт (при $H_p = 135,2$ м) и максимальной мощностью в насосном режиме 2947 МВт.

В настоящее время на ГАЭС введены в эксплуатацию три гидроагрегата. Пуск первого агрегата был выполнен в 2009 году, второго - в 2014 г, третьего в 2016 г.

ПАО "Укрэнергопроект" является генеральным проектировщиком Днестровской ГАЭС и определяет уровень технико-экономической эффективности и безопасности ГАЭС.

Схематическое изображение Днестровской ГАЭС в составе семи гидроагрегатов показано на Рис. 1. Компоновка гидросооружений ГАЭС показана на Рис. 2.

Водоприемник ГАЭС имеет семь водоприемных отверстий. Вода в турбинном режиме поступает к насос-турбинам по индивидуальным тоннельным водоводам диаметром 7,5 м.

Гидроагрегаты располагаются в отдельных шахтах, расположенных на расстоянии 54 м между осями шахт.

Отвод воды от насос-турбин осуществляется отводящими тоннельными водоводами.

Параметры насос-турбины со встроенным кольцевым затвором были определены ПАО "Укрэнергопроект" и представлены в "Технических требованиях" на разработку и поставку насос-турбин и генераторов-двигателей. В Табл. 1 приведены основные параметры гидроагрегата.

При определении параметров обратимых гидроагрегатов для Днестровской ГАЭС, учитывался опыт работы подобных ГАЭС как в Украине, так и за рубежом.

Проблемы на ГАЭС, связанные с отсутствием предтурбинных затворов, следующие:

- повышенные протечки воды через закрытый направляющий аппарат;
- щелевая кавитация и связанные с этим кавитационные разрушения лопаток направляющего аппарата;
- повышенное потребление активной мощности при работе агрегатов в режиме синхронного компенсатора;
- снижение общего КПД ГАЭС.

Применение встроенного в конструкцию насос-турбины кольцевого затвора, распложенного между статором и направляющим аппаратом, вместо традиционного предтурбинного дискового затвора, дает существенные технико-экономические преимущества:

- стоимость кольцевого затвора примерно в два-три раза меньше стоимости дискового затвора;
- отсутствие специального помещения для кольцевого затвора дает экономию бетона и выемок грунта (примерно на 15 %), что особенно важно для подземных ГАЭС;
- применение кольцевого затвора позволяет отказаться от автономных МНУ для управления дисковым затвором;

Например, применение кольцевого затвора на насос-турбинах Загорской ГАЭС, на которой не установлен предтурбинный затвор, по мнению специалистов ОАО "Силовые машины. ЛМЗ", окупит себя за год.

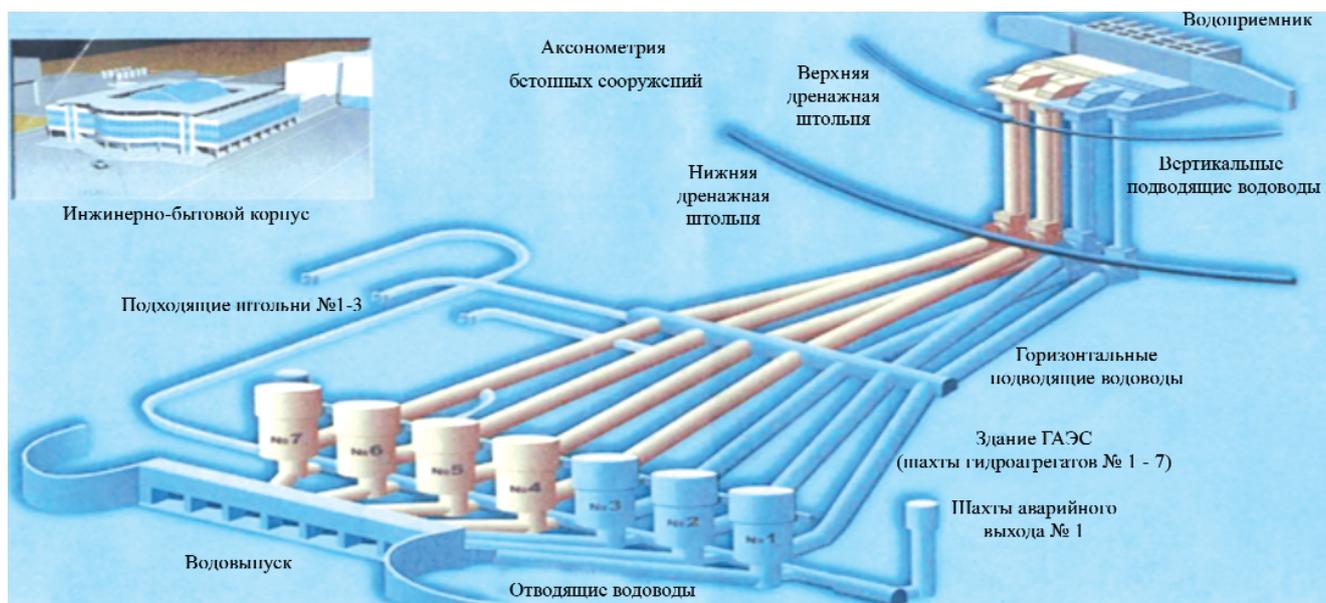


Рис. 1. Схематическое изображение Днестровской ГАЭС в составе семи гидроагрегатов. Перспектива



Рис. 2. Продольный разрез по станции

- оперативного закрытия/открытия (вслед за закрытием/открытием направляющего аппарата);

- аварийного закрытия (при разгоне турбины и отказе в работе направляющего аппарата).

- закрытия для производства ремонтных работ в

мещен между колоннами статора и лопатками направляющего аппарата.

проточной части.

Способность кольцевого затвора самозакрываться в аварийных ситуациях повышает эксплуатационную надежность гидроагрегата.

Кольцевой затвор содержит щит (запорное кольцо) и групповой привод, состоящий из десяти гидравлических сервомоторов. При этом щит в закрытом положении контактирует с выходными кромками колонн статора, на которых наварены бронзовые накладки, служащие направляющими. В открытом положении щит размещается в кольцевой камере между статором и верхним кольцом направляющего аппарата, открывая доступ воды к рабочему колесу.

Опускание, подъем и удержание щита в открытом положении осуществляются десятью сервомоторами. Кольцевой затвор практически не вносит в проточную часть насос-турбины дополнительного гидравлического сопротивления. Кольцевой затвор разработан ПАО "Турбоатом".

Автоматическая система синхронизации сервомоторов разработана фирмой Андритц Гидро.

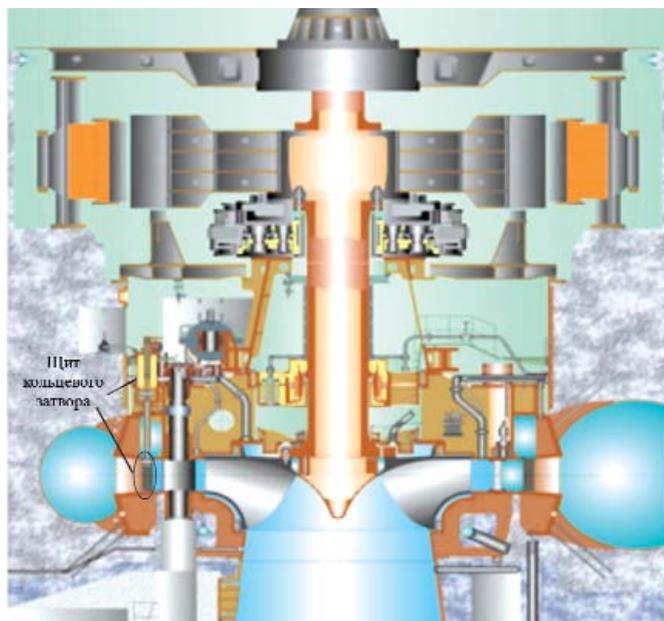


Рис. 3. Вертикальная радиально-осевая насос-турбина РОНТ 170-В-730. Разрез по агрегату



Таблиця 1. Основные параметры гидроагрегата

Наименование	Параметры
Насос-турбина	Вертикальная РОНТ 170-В-730
Напоры, нетто в турбинном режиме, м:	
-максимальный	157,0
-минимальный	133,0
-расчетный	135,2
Напоры рабочие в насосном режиме, м:	
- максимальный	165,3
- минимальный	143,1
- средний	153,5
Мощность, МВт	
номинальная:	
- при H_p в турбинном режиме	330
- при H_{cp} в насосном режиме	405,5
максимальная:	
- при H_{max} в турбинном режиме	391,0
- при H_{min} в насосном режиме	419,2
Диаметр рабочего колеса, м	7,3
Частота вращения, мин ⁻¹	
- номинальная	150
- разгонная	240
Высота всасывания H_s , м	минус 23,0
Расход в турбинном режиме, при H_p и $N_{ном}$, м ³ /с	270
Максимальная подача в насосном режиме, при $H_{мин. н.}$, м ³ /с	274
Кольцевой затвор	ЗК 1074-170
Диаметр наружной поверхности щита, м	10,740
Ход щита номинальный, мм	1020,5
Сервомоторы затвора, шт	10
Количество байпасов, шт	4
Генератор-двигатель	СВО-1255/255-40 УХЛ4
Мощность в двигательном/генераторном режимах, МВт	421/324
Частота вращения номинальная, мин ⁻¹	150
Напряжение, кВ	15,75

Аварийная остановка гидроагрегата обеспечивается системой автоматического управления и осуществляется:

Регулятором скорости (1-я ступень защиты):

- при понижении давления или уровня масла в аккумуляторе МНУ до аварийно-низкой величины;

- при повышении температуры сегментов и понижении уровня масла в направляющем подшипнике до аварийно-низкой величины;

- при падении расхода и давления воды на уплотнении вала до аварийно-низкой величины;

- при уменьшении частоты вращения до 90% от номинальной при работе агрегата в насосном режиме;

- при срабатывании защит генератора-двигателя;

Время закрытия направляющего аппарата составляет 32 с.

Золотником аварийного закрытия (2-я ступень защиты):

- при увеличении частоты вращения ротора гидроагрегата до 115% от номинальной и отсутствии смещения главного золотника регулятора на закрытие;

- при увеличении частоты вращения ротора гидроагрегата до 160% от номинальной;

- при уменьшении частоты вращения до 80% при потере привода в насосном режиме.

- при открытии направляющего аппарата больше нуля при отключении генератора-двигателя;

Время закрытия направляющего аппарата составляет 45 с.

Кольцевым затвором (3-я ступень защиты):

- при неисправности системы регулирования, если через 35...45 секунд после включения реле защиты направляющий аппарат не закрывается;

- при срезе пальцев направляющего аппарата во время остановки агрегата.

Время закрытия кольцевого затвора при несрабатывании первых двух защит составляет 120 с.

Для повышения безопасности эксплуатации ГАЭС были приняты меры по реконструкции механического оборудования.

Анализируя причины и последствия аварии на Саяно-Шушенской ГЭС, для повышения безопасной эксплуатации Днестровской ГАЭС и предотвращения аварийных ситуаций, связанных с затоплением ГАЭС, было принято решение об установке индивидуальных быстродействующих затворов на водоприемнике.

В качестве быстродействующих затворов будет использоваться имеющиеся аварийно-ремонтные плоские скользящие затворы и затворы строительного периода 7,5–7,5–29,75 м.

Управление быстродействующими затворами осуществляется индивидуальными канатными механизмами г. п. 400 т, установленными на металлической эстакаде над пазами затворов.

Быстродействующий затвор устанавливается во второй по потоку в турбинном режиме ряд пазов. В первый ряд устанавливается ремонтный затвор, что позволяет под его защитой осуществлять ремонт быстродействующего затвора и его пазов.

Быстродействующие затворы опускаются в текущую воду под действием собственного веса с



помощью канатных механизмов, обеспечивающих безударное закрытие затворов.

Опускание быстродействующего затвора в поток производится в течение трех минут.

Подъем затворов осуществляется индивидуальными канатными механизмами в безнапорном состоянии.

В открытом положении быстродействующие затворы находятся в пазах, подвешенные на пальце и которые соединяются с канатами подъемных механизмов.

Аварийное закрытие быстродействующего затвора осуществляется автоматически от агрегатной системы управления при несрабатывании первых трех защит гидроагрегата (регулятора скорости, золотника аварийного закрытия и кольцевого затвора), а также от датчика затопления, расположенного в шахте агрегата.

Также предусматривается дистанционное управление быстродействующими затворами с ГЩУ и местное управление.

На случай аварийного отключения электропитания канатных механизмов, предусмотрена установка дизельного генератора, расположенного на незатопляемой отметке на водоприемнике в специальном помещении.

Учитывая большое заглубление рабочего колеса насос-турбин, составляющее 23,0 м под уровень УМО нижнего бьефа, было также принято решение об установке на водовыпуске индивидуальных быстродействующих затворов, предназначенных для защиты машинного зала от затопления со стороны нижнего бьефа при разгерметизации проточной части насос-турбины.

Применение индивидуальных быстродействующих затворов увеличивает скорость и надежность опускания затворов в аварийных ситуациях, возникающих при угрозе затопления.

Маневрирование быстродействующими затворами производится канатными механизмами г. п 120 т.

Управление затворами производится с местного щита управления..

На случай аварийного отключения электропитания канатных механизмов предусмотрена установка дизельного генератора, расположенного на водовыпуске в специальном помещении.

Выводы

1. Для Днестровской ГАЭС создана уникальная по своим параметрам насос-турбина диаметром рабочего колеса 7,3 м, номинальной мощностью 330,0 МВт, максимальной мощностью 391 МВт в турбинном режиме и максимальной мощностью в насосном режиме 419,2 МВт.

2. Система регулирования и кольцевой затвор надежно обеспечивают автоматическую остановку агрегата при сбросе нагрузки в турбинном и потере привода в насосном режимах.

3. Установка быстродействующих затворов на водоприемнике при несрабатывании первых трех защит агрегата (регулятора скорости, золотника аварийного закрытия и кольцевого затвора) позволяет: - сократить время нахождения агрегата в разгоне; - предотвратить от затопления шахту агрегата при частичной разгерметизации проточной части; - локализовать аварию, не допустив полного опорожнения верхнего водоема и затопления всего здания ГАЭС; - уменьшить последствия, возникающие при подобной аварии, и облегчить проведение восстановительных работ.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Гидроэнергетическое и вспомогательное оборудование гидроэлектростанций*. Справочное пособие. Под ред. В.С. Васильева, Д.С. Щавелева. Том 1. Основное оборудование гидроэлектростанций. М. Энергоатомиздат, 1988г.

2. *Уточнення проекту першої черги гаес у складі трьох агрегатів, включаючи заходи по підвищенню надійності та безпеки гідротехнічних споруд, основного гідросилового обладнання та гідромеханічного обладнання*. Коригування. №732-1-Т38, ПАТ "УКРГІДРОПРОЕКТ", 2015р.

3. *The International Journal on Hydropower & Dams, Water Power & Dam*

