Реферат

ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ И ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНОЙ ЭНЕРГИИ

# ***Состав и компоновка основных сооружений ГЭС***

Состав и компоновка сооружений ГЭС определяется схемой концентрации напора. Как указывалось в § 3.4, существует две основные схемы концентрации напора: плотинная и деривационная. Гидроэлектростанции, сооруженные по плотинной схеме, делятся в свою очередь на два типа: русловые и приплети иные. Деривационные ГЭС также делятся на два типа: с безнапорной деривацией и напорной.

Основными сооружениями ГЭС, выполненными по плотинной схеме, являются плотины и здание ГЭС. При напоре до 25-30 м здание станции 3 размещается в одном створе с плотиной и воспринимает напор. Такие гидроэлектростанции называются русловыми. На рис.10.1, а изображена в плане схема размещения основных сооружений такой ГЭС.

При комплексном использовании водотока в состав гидроузла, кроме плотины 2 и здания ГЭС, включаются сооружения, предназначенные для удовлетворения специфических нужд каждого участника комплекса (шлюз для транспорта, водозаборные сооружения для ирригации и водоснабжения, рыбоходы и т.д.).

При напоре, превышающем 25 - 30 м, здание ГЭС размещается за; плотиной в нижнем бьефе и не воспринимает напор (рис.10.3,6). Такие ГЭС носят название приплотинных. При комплексном назначении гидроузла в него так же, как и в предыдущем случае, включаются сооружения неэнергетических участников комплекса.

Поскольку в этой схеме здание ГЭС не воспринимает напор, то для подачи воды к турбинам ГЭС необходимы водоприемники 4 и турбинные трубопроводы 6, как это показано на рис.10.3,6, где эти сооружения совмещены с плотиной.

Вообще, компоновка гидроузлов с приплотинными ГЭС в значительной степени зависит от типа плотины и создаваемого ею напора. куда вода по. турбинным трубопроводам 5 поступает к турбинам, расположенным в здании ГЭС *6,* и далее в отводящий канал 7 и реку.



В том случае, когда местность сильно пересеченная и для безнапорной деривации нет благоприятных условий, устраивается напорная в виде туннеля или трубопровода (рис.10.3). Как в том, так и в другом случае поперечное сечение водовода полностью заполнено водой.

Головной узел в этом случае также включает в качестве основных сооружений плотину / с водосбросом *2* и водоприемник *3.* Однако плотина здесь более высокая, а водоприемник глубинный; что позволяет забирать воду при больших колебаниях уровня воды в водохранилище.

Станционный, узел в отличие от ГЭС с безнапорной деривацией содержит. уравнительный резервуар *6,* основное назначение которого - борьба с возможными гидравлическими ударами при нестационарных режимах в турбинных трубопроводах 7.

гидроэлектростанция водохранилище плотина затвор

# ***Плотины и затворы ГЭС***

Плотины, перегораживая русла реки, предназначены для создания водохранилища и тем самым являются главнейшим сооружением гидроузла для создания напора и регулирования стока.

Все плотины делятся, на две основные группы, отличающиеся друг от друга используемым материалом: плотины бетонные и железобетонные и плотины грунтовые (земляные, каменно-набросные и каменно-земляные).

Бетонные и железобетонные плотины по конструктивным признакам делятся на гравитационные, арочные и контрфорсные. Отличительным признаком гравитационных плотин является их массивность (рис.10.4). Большая масса их и силы сцепления (трения) по основанию позволяют воздвигать такого рода плотины на любых грунтах. Считается, что при высоте до 30-40 м гравитационная плотина может быть сооружена на слабом основании (песок, глина), а на скальном основании высота ее может достигать 300 м.

По возможности пропуска воды такие плотины могут быть глухими (рис.10.4, а), т.е. не допускающими перелива воды через свой гребень, и водосливными (рис.10.4,6). Последние выполняются с поверхностными (водосливными) или заглубленными (донными) отверстиями для пропуска воды. Плотины русловых ГЭС состоят обычно из глухой и водосливной части. Высокие плотины в узких ущельях часто строятся глухими. В этом случае сброс излишней воды осуществляется в обход плотины по поверхностному или туннельному водосбросу. В теле бетонных плотин обычно устраиваются продольные галереи (патерны), предназначенные для контроля фильтрации воды через тело плотины.







Арочные плотины представляют собой свод, очерченный в плане r виде дуги, упирающейся своими концами в скальные берега, которые и воспринимают основную часть давления воды на плотину со стороны верхнего бьефа (рис 105). Высота таких плотин может достигать более 300 м, однако бетона в ней будет меньше, чем в равноценной по высоте гравитационной. Как разновидности такие плотины могут быть одноарочными и многоарочными, а также арочно-гравитационными. Во всех этих случаях плотины могут содержать специальные водосбросы

Контрфорсные плотины выполняются в виде железобетонных ребер (контрфорсов) на которые со стороны верхнего бьефа наклонно укладываются железобетонные плиты 1, воспринимающие давление воды (рис 10.6). Контрфорсы 2 скрепляются между собой балками жесткости 3, образуя по фронту отдельные пролеты. При соответствующей конструкции гребня с низовой стороны контрфорсные плотины могут быть водосливными Высота современных крупных контрфорсных плотин превышает 100 м (Зейскал ГЭС--115 м).

Земляные плотины бывают насыпными и намывными. Первые устраиваются путем отсыпки в виде горизонтальных слоев небольшой толщины с последующим уплотнением укаткой пли трамбованием с увлажнением уплотняемого грунта Намывные земляные плотины строятся методами гидромеханизации, сводящемся к подаче размытого в карьере разжиженного грунта к месту укладки насосами по трубопроводам или самотеком по трубам пли лоткам.

Верховой откос плотины для защиты от воздействия волн и льда укрепляется в пределах изменения уровня воды бетонными плитами или камнем (рис.10.7, а)

Низовой откос со стороны нижнего бьефа укрепляется дерном и снабжается в некоторых случаях горизонтальной площадкой, называемой бермой, которая служит для защиты откоса от смыва грунта водой.

Если земляная плотина сооружается из сильно водопроницаемых грунтов (например, крупного песка), то для уменьшения фильтрации устраиваются преграды в виде экрана 3, ядра 5, а иногда и понура 4 (рис 107, б, в). Эти преграды устраиваются из маловодопроницаемого грунта, например глины

Для пропуска через тело плотины фильтрующей воды и задержания при этом выноса мелких частиц грунта на всех земляных плотинах со стороны нижнего бьефа устраиваются так называемые дренажные призмы 6.

Величина заложения откосов m-ctgα принимается в зависимости от свойств грунта и высоты плотины в пределах, указанных для примера на рис.10.7, а.



Нередки случаи сооружения земляных плотин из разных по своим водопроницаемым, свойствам грунтов. В этом случае, чем лучше грунт, тем ближе со стороны верхнего бьефа он располагается (рис.10.7, г).

Земляные плотины имеют очень широкое распространение. Их строят, как правило, глухими. Высота их достигается 100 м и более.

Каменно-набросные плотины сооружаются путем наброски в русло реки с некоторой высоты камня различных размеров. По мере роста плотины каменная наброска уплотняется струей воды под давлением, а также специальными катками и вибраторами.

Водонепроницаемость таких плотин достигается путем устройства экрана 3 из железобетона со стороны верхового откоса (рис.10.7, д), укладываемого на специальную подэкрановую каменную кладку 7.

Каменно-набросные плотины сооружаются, как правило, глухими. Высота их достигает 300 м.



В каменно-земляных плотинах большая часть их тела выполнена из каменных материалов, а противофильтрационное устройство - из маловодопроницаемого грунта. Высота их достигает 300 м и более (Нурекская ГЭС).

Затворы. Для сброса возможных излишков воды в водохранилищах и пропуска ее в нижний бьеф в специальных целях, а также для пропуска льда, наносов и плотов плотины и другие сооружения ГЭС снабжаются соответствующими затворами. Специальные затворы устанавливаются также в турбинных трубопроводах.

В зависимости от рода перекрываемых отверстий затворы сооружений ГЭС делятся на поверхностные, закрывающие водосливные и водоприемные отверстия, куда вода поступает из верхних слоев водохранилища, и глубинные, служащие для закрытия глубинных отверстий, расположенных ниже уровня воды верхнего бьефа.

Из поверхностных затворов следует отмстить прежде всего плоские щиты и шандоры. Первые являются основными затворами, вторые используются при ремонте оборудования и сооружений. Плоский затвор помещается в пазах быков или устоев и передвигается в вертикальном направлении (рис 10 8, а). Воспринимаемое им давление воды передается быкам или устоям. Затворы обычно выполняются металлическими. Различают затворы скользящие, колесные и катковые. Последние два изготовляются для облегчения подъемных усилий. Предусматриваются специальные уплотняющие устройства для предотвращения фильтрации воды через зазоры между затвором и неподвижными частями сооружений

Шандоры представляют собой деревянные или металлические балки, укладываемые в пазах друг на друга в виде стенки (рис 10.8, б) Подобные щиты и шандоры устанавливаются также на входе в напорные трубопроводы турбин и па выходе из отсасывающей трубы.

Сегментные затворы представляют собой изогнутый по дуге круга щит, могущий целиком вращаться вокруг некоторой оси, на который насажены ноги, поддерживающие полотнище затвора (рис 10.8, в). Ноги шарнирно закреплены в быках или устоях, воспринимающих давление воды. При маневрировании затворы вращаются вокруг горизонтальной оси рас положения шарниров.

По сравнению с плоским щитом сегментный затвор обладает рядом преимуществ при равных размерах и массе. Главнейшие из них следующие значительно меньшее подъемное усилие, лучшая работа в зимних условиях (отсутствие обмерзающих колес), меньшая высота быков, возможность автоматического действия. Однако имеются и недостатки необходимость большей длины устоев, невозможность переустановки затвора из одного отверстия в другое.

Вальцовые или цилиндрические затворы представляет собой полый металлический цилиндр, перекрывающий водосливное отверстие и поднимаемые вверх путем перекатывания его по зубчатым рейкам, расположенным в нишах быков или устоев (рис 108, г). Для увеличения высоты затвора его цилиндр снабжается специальным нижним, а иногда и верхним щитками.

Вальцовые затворы обладают большой жесткостью, поэтому получили широкое распространение па плотинах с тяжелыми условиями зимней службы (навал льда). Затворы могут перекрывать пролеты шириной до 45-50 м и высотой до 9 м. К недостаткам их следует отнести значительную массу и стоимость, а также значительные размеры быков.

Секторные затворы имеют поперечное сечение в виде сектора покрытого водонепроницаемой обшивкой устанавливаемой обычно по трем плоскостям (рис 10.8 д) Под затвором в теле плотины устраивается ниша, в которую опускается затвор при необходимости сброса излишней воды. Затвор вращается на оси, закрепленной в пороге плотины. Управление им обычно гидравлическое. Затворы удобны для сброса льда и плавающих тел с малыми потерями воды, могут перекрывать пролеты шириной до 60 м и высотой до 10 м.



Водосбросные глубинные отверстия плотин перекрываются глубинными затворами, которые могут быть плоскими, сегментными, цилиндрическими, дисковыми и т.д. Первые два типа аналогичны описанным выше (рис.10.9, а, в).

Задвижки (рис.10.9,6) имеют небольшие габариты и действуют от гидравлического или электрического привода. Конструктивно они представляют собой литые диски прямоугольной или круглой формы, которые перекрывают галереи или трубопроводы. Эти диски при открытии отверстия вдвигаются внутрь специального кожуха. Задвижки применяются в основном как рабочие затворы на напоры до 400 м. Их диаметр зависит от используемого напора и может достигать нескольких метров.

Цилиндрические затворы. Конструктивно затворы представляют собой полые цилиндры, перемещающиеся по вертикали (рис.10.9, г). Своей боковой поверхностью или днищем они закрывают отверстия башенных водоприемников. Из-за своей громоздкости они не получили заметного распространения, хотя и имеют хорошие эксплуатационные качества. Они используются для напоров, не превышающих 100 м.

Дисковые затворы состоят из цилиндрического корпуса, в котором на горизонтальной или вертикальной оси вращается диск (рис.10.9, д). Дисковые затворы надежны в эксплуатации, являются наиболее распространенными, изготовляются диаметром до 8,5 м и устанавливаются на напорных трубопроводах при напоре до 250-300 м (при небольших диаметрах до 600 м). Управление затвором осуществляется, как правило, с помощью гидравлического привода, приводимого в действие сервомоторами.

Достоинством затворов являются хорошие маневренные качества и сравнительно низкая стоимость. Недостатком - сложность создания хороших уплотнений и сравнительно большая потеря напора.

Игольчатые затворы состоят из корпуса и обтекателя, внутри которого перемешается плунжер (игла), закрывающий и открывающий отверстие в корпусе (рис.10.9, е). Затворы имеют малые потери напора и применяются при диаметрах трубопровода до 6,5 м и напорах до 800 м. Устанавливают их главным образом с низовой стороны водоспуска. К недостаткам относят высокую стоимость, сложность конструкции и изготовления.

# ***Здания ГЭС***



Конструкцию и компоновку здания ГЭС определяют природные условия, схема концентрации напора, напор, тип и параметры гидроагрегатов (турбина и генератор, соединенные общим валом) и трансформаторов, вспомогательного оборудования. Габариты здания определяются размерами агрегатных блоков, и в частности, длина его - количеством агрегатных блоков и размером монтажной площадки. В свою очередь габариты блока зависят от мощности (напора и расхода воды) турбины, и ширина его определяется размером спиральной камеры. Обычно на гидроэлектростанциях устанавливается не менее двух-трех одинаковых агрегатов.

Тип и конструкция здания должны быть экономически и технически всесторонне обоснованы и в то же время должны обеспечивать надежную работу оборудования и удобные условия эксплуатации. Предъявляемые в этом плане требования к зданиям иногда противоречат друг другу. Так, например, чрезмерная экономия при строительстве снижает надежность и удобство эксплуатации, особенно в части проведения профилактических осмотров и ремонтов, что неизбежно влечет за собой увеличение эксплуатационных издержек.

В соответствии со схемами концентрации напора здание ГЭС принято делить на три типа:

здания русловой ГЭС, т.е. здания, воспринимающие напор (рис.10.10);

здания приплотинной ГЭС, т.е. размещенные за плотиной и невоспринимающие напора (рис.10.11);

здание деривационной ГЭС (рис.10.12).

По способу сброса воды из верхнего бьефа в нижний здания русловых ГЭС делятся па два типа:

) несовмещенные с водосбросами (см. рис.10.1, в), в которых сбросы излишков воды из верхнего бьефа осуществляются через водосливные отверстия плотины или другие устройства, находящиеся вне здания ГЭС (см. рис.10.11).

) совмещенные с водосбросами, которые обычно располагаются в массивной (подводной) части здания (см. рис.10.10), хотя применяются и другие конструктивные решения.

По типу подъемного оборудований здания ГЭС строятся:

закрытыми - с внутренним расположением подъемного оборудования - мостового крана (см. рис.10.10-10.12);

полуоткрытыми - основное подъемное оборудование (портальный кран) размещается над машинным залом (генераторное помещение). Генераторный зал - низкое помещение со съемными крышками над генератором (рис.10.13, а);

открытыми - машинный зал отсутствует, а генераторы укрыты колпаками (рис.10.13,6). Подъемным оборудованием здесь является также портальный кран.

По расположению относительно земной поверхности:

наземное - корпус здания расположен на земной поверхности;

подземное - корпус здания расположен ниже земной поверхности. Такие здания устраиваются при деривационной схеме концентрации напора, когда деривация выполняется в виде туннеля.

В зависимости от положения оси агрегата различают здание с вертикальными и горизонтальными агрегатами, последние в настоящее время применяются главным образом на гидроэлектростанциях с напором 10-15 м.

Общим элементом для всех типов зданий ГЭС является прежде всего монтажная площадка, которая размещается обычно в конце здания у берега и обслуживается теми же кранами, что в машинный зал. На уровне пола монтажной площадки делается подъездный путь для доставки оборудования в машинный зал. Габариты площадки определяются условиями доставки, раскладки по ней одного гидроагрегата при его ремонте в период эксплуатации. При большом числе агрегатов иногда делается две монтажные площадки

В здании ГЭС размещается ряд вспомогательных помещений, в числе которых оперативно-производственные; производственные, административно-хозяйственные, бытовые.

К оперативно-производственным помещениям относят помещения электрических распределительных устройств генераторного напряжения, собственных нужд переменного и постоянного тока, поста (пульта) управления и др.

В здании ГЭС размещается также большое количество различных вспомогательных устройств. В состав этих устройств входят: техническое водоснабжение и пожаротушение генераторов; осушение спиральных камер и отсасывающих труб; масляное хозяйство; пневматическое хозяйство; дренажные устройства; контрольно-измерительная аппаратура и т.д.

В зависимости от мощности ГЭС, числа агрегатов определяется состав и площадь помещений подсобно-вспомогательного назначения (ремонтно-механические мастерские, лаборатории и различного рода службы)

В нижней части здания ГЭС размещаются спиральные камеры турбин, статоры, направляющие аппараты и рабочие колеса турбин; отсасывающие трубы, турбинные шахты п турбинный этаж, а также галереи различного назначения, помещения для вспомогательного оборудования, насосы для откачки воды и т.д.



# ***Водохранилище, нижний бьеф и их характеристики***

Основным назначением водохранилищ гидроэлектростанций является трансформация естественного, обычно неравномерного, режима речного стока в режим, необходимый для отдельных отраслей народного хозяйства и, в частности, энергетики Кроме того, в некоторых случаях назначением водохранилищ является борьба с наводнением в нижнем бьефе во время половодий. В этих случаях определенное количество воды задерживается в водохранилище, благодаря чему расходы воды в нижнем бьефе становятся существенно меньшими естественных расходов половодий

Водохранилища создаются путем устройства на реках или других водотоках плотин, повышающих уровни воды и образующих необходимой емкости водоемы (рис 10 14) На этом рисунке цифрами обозначены горизонтали поверхности местности.





Верхний предел уровня воды, при котором ГЭС и сооружения гидроузла работают длительное время с соблюдением нормальных запасов надежности, предусматриваемых техническими условиями, носит название нормального подпорного уровня (НПУ) Объем водохранилища при этом уровне носит название полного объема и обозначается Vполн.

Нижний предел или уровень мертвого объема (УМО) определяется условиями получения на ГЭС расчетных параметров. Соответствующий объем носит название мертвого Vмо.

Разность между полным и мертвым объемами составляет полезный объем водохранилища.

Vполезн=Vполн-Vмо

Этот объем используется для регулирования стока

При пропуске катастрофических половодий и паводков обычно допускается кратковременное повышение уровня воды в водохранилище до отметки, называемой форсированным подпорным уровнем (ФПУ).

Объем водохранилища между отметками НПУ и ФПУ является резервным и используется для трансформации (срезки) половодий и паводков

До сих пор принималось, что поверхность воды в водохранилище по всей его длине устанавливается горизонтально, образуя так называемый его статический объем. Очевидно, это может быть лишь в том случае, когда приточность в водохранилище отсутствует. Так как в действительности в водохранилище вceгда имеется приток воды, то, строго говоря, поверхность воды по его длине не будет горизонтальной. Это особенно относится к его "хвостовой части", где кривая свободной поверхности воды представляет собой кривую подпора, характеризующую изменение уровня поверхности воды по длине водотока Образовавшимся объем называется динамическим объемом водохранилища (рис 10 15). Величина его определяется к основном значением расхода приточности и во время половодий может быть весьма значительной.

В водноэнергетических расчетах широко используются различные графические зависимости, отражающие функциональные связи между различными параметрами водохранилища (так называемые характеристики водохранилищ) К их числу относится прежде всего топографическая характеристика, которая может быть двух видов - статической и динамической

Статическая характеристика включает в себя две кривые. Первая - зависимость отметок уровня от объема водохранилища Zнб=Zнв (V) и обычно называемая объемной. Вторая отражает связь между отметками уровня и площадью зеркала водохранилища Zнб=Zнв (F) Эту характеристику называют площадной

Обе характеристики (рис 10 16) получаются в результате обработки топографических планов местности.



При учете динамической емкости, как было показано выше, объем водохранилища при заданной отметке уровня в створе плотины будет определяться приточностью. Вследствие этого зависимость между значениями уровня и объемом водохранилища будет иметь другой характер, так как будет функцией двух переменных Zнб=Zнв (V,Qприт). Эти кривые (рис.10.17) называются кривыми динамического объема в отличие от кривой статического объема, изображенной на рис.10.16, или кривой, соответствующей Qприт=0.

Имеются и другие характеристики водохранилища, которые мы здесь не рассматриваем. Все они являются основным исходным материалом для проведения водноэнергетических расчетов. В такого рода расчетах одним из решающих условий правильности выполнения их является соблюдение водного баланса водохранилища.

В общем виде уравнение водного баланса водохранилища без холостых' сбросов за некоторое время Т может быть представлено следующим равенством:

Wрег=Wприт±ΔV - Wзаб+Wвозвр-Wпот, (10.2)

где Wрег - зарегулированный объем стока, т.е. тот объем воды, который прошел за время Т через створ гидроузла (так называемая отдача); Wприт - приток воды в водохранилище за время Т (для одиночной ГЭС это бытовой, т.е. естественный, приток, для каскада - приток от вышележащей ГЭС с учетом боковой приточности между створами); Δ V - использованный объем водохранилища за период Т. (В формуле знак минус относится к периоду наполнения, знак плюс - к периоду сработки водохранилища); Wзаб и Wвозвр - величины забираемого из водохранилища и' возвращаемого в него участниками водохозяйственного комплекса (см. § 10.6) за время Т объема стока; Wпот - потери воды из водохранилища за время Т и обычно включают потери на фильтрацию, испарение, льдообразование и шлюзование.



Если каждый член этого уравнения разделить на время Т, то условие баланса стока может быть выражено через соответствующие расходы.

Рассмотрим теперь характеристику нижнего бьефа. Уровень воды в нижнем бьефе ГЭС определяется тем расходом, который пропускается через турбины или какие-либо другие сооружения (шлюзы, водосбросы) гидроэлектростанции.

При установившемся равномерном движении уровни воды в нижнем бьефе однозначно связаны с протекающим расходом. Эта связь обычно определяется с помощью так называемой кривой связи, отражающей в графическом виде зависимость уровней от расходов Zнб= Zнб (Qнб). Такая кривая представлена на рис 10.18



Зимой при переменном расходе ГЭС в ее нижнем бьефе на берегах образуются наледи, которые уменьшают площадь живого сечения. Поэтому при одних и тех же отметках уровня зимой будет проходить расход меньше, чем летом, и зимняя кривая связи соответственно будет выше, чем летняя (рис.10.18 и 10.19).

При каскадном расположении ГЭС, если нижний бьеф рассматриваемой ГЭС (обозначим ее № 1) подпирается плотиной нижележащей (ГЭС № 2), то в функциональной зависимости уровня нижнего бьефа от расхода ГЭС № 1 появится дополнительный аргумент - отметка верхнего бьефа водохранилища второй ГЭС Zвб2 (рис.10.19). В этом случае рассматриваемая функция будет иметь вид

Zнб1=Zнб1 (Qнб1,Zвб2). (10.3)

При неустановившемся движении воды в нижнем бьефе однозначная связь между отметками уровня и расходом нарушается и определение того или другого требует достаточно сложных расчетов, которые сейчас проводятся исключительное помощью ЭВМ.



# ***Регулирование речного стока водохранилищами ГЭС***

Естественный (бытовой) режим речного стока в подавляющем большинстве случаев отличается крайней неравномерностью. Так, на равнинных реках в периоды весеннего половодья (1,5-3 мес) проходит обычно до 60-70% годового стока. Существенно различается годовой сток и в многолетнем разрезе. Такое распределение стока находится в резком противоречии с режимом его потребления большинством водопотребителей и водопользователей. Так, если в суточном разрезе график нагрузки ГЭС отличается значительной неравномерностью, то приточность равнинных рек в течение суток обычно почти неизменна. Отмечаются противоречия и среди неэнергетических потребителей воды.

Неравномерно распределены водные ресурсы и по территории страны. Более 86% водных ресурсов имеется в хозяйственно слабо освоенных северных и восточных районах, вдали qt центров водопотребления, и только около 14% речного стока относится к южной зоне, к территории, где сосредоточено около 85% населения и 80% промышленного и сельскохозяйственного производства.

Все это приводит к необходимости перераспределения естественного стока во времени и по территории. Оно осуществляется с помощью регулирования стока водохранилищами, в которых задерживается избыточный естественный приток, когда он превышает спрос потребителей, и расходуется, когда этот спрос больше притока.

Таким образом, регулированием стока называется процесс перераспределения его водохранилищами.

Степень зарегулированности стока определяется относительной емкостью водохранилища (коэффициентом емкости) β. Этот коэффициент определяется отношением полезного объема водохранилища Vполезн к среднему за многолетний период объему годового стока W0 в створе плотины

β=Vполезн/W0



Различают регулирование водноэнергетическое и водохозяйственное. Водноэнергетическое регулирование осуществляет перераспределение стока для энергетических целей. Мощность ГЭС является функцией не только расхода, но и напора, поэтому процесс водноэнергетического регулирования связан с учетом того и другого и позволяет в конечном счете получить требуемый режим мощности ГЭС, а отсюда и режим выработки электроэнергии. При водохозяйственном регулировании напор не является регулируемым параметром и перераспределяется лишь расход. В этом состоит основное отличие водноэнергетического регулирования от водохозяйственного.

Режим мощности ГЭС и режим выработки ею электроэнергии диктуются не только спросом потребителей, но и тем, насколько экономично этот спрос удовлетворяется. Поэтому водноэнергетическое регулирование неотделимо от определения оптимальных режимов ГЭС или группы электростанций, с которыми параллельно работает данная ГЭС или группа ГЭС.

При комплексном использовании водотока (см. § 10.6), когда последний используется как для энергетических, так и для неэнергетических целей, осуществляется комплексное регулирование, т.е. ' напора и расхода для ГЭС и только расхода для других водопользователей и водопотребителей.

При любом виде регулирования потребители воды в некоторые периоды времени работают с расходом воды, превышающим, приток, а в другие периоды времени расходуют воды меньше притока. В первом случае происходит сработка водохранилища, а во втором - наполнение.

Промежуток времени от начала какого-либо одного периода сработки водохранилища до начала следующего - после очередного его заполнения - называется циклом регулирования. Длительность цикла регулирования определяет его разновидности, в соответствии с чем различают краткосрочное регулирование и длительное. К первому виду относят суточное и недельное регулирование, а ко второму - сезонное, годичное и многолетнее. Рассмотрим кратко каждый из этих видов.

Суточное регулирование. Как сказано, естественные (бытовые) расходы многих рек Qδ (t) в течение суток остаются практически неизменными. Исключение составляют лишь периоды половодий и паводков. В период половодья режим работы ГЭС имеет обратную картину и, как правило, неизменен, а в остальное время резко переменен (рис.10.20, а). Вследствие этого расходы, пропускаемые турбинами ГЭС QГЭС при ее переменном режиме, будут также переменными, меняясь нередко от нуля до полной пропускной способности.

В результате в течение некоторой части суток (рис.10.20,6) имеется избыточный приток, в другой - недостаточный. Отсюда суточное регулирование будет заключаться в том, чтобы в часы малой нагрузки ГЭС (рис.10.20, а) запасти в водохранилище избыточный приток, а в часы повышенной нагрузки его сработать. Если объем водохранилища достаточен для задержания всего избыточного притока в часы малой нагрузки, то этот приток при отсутствии ограничений на режим ГЭС может быть использован для увеличения мощности (против той, которую она могла бы развить, используя естественный расход) в часы пика нагрузки потребителей.

Этот эффект позволяет повысить участие ГЭС в покрытии пика нагрузки, вследствие чего при работе ГЭС в энергосистеме, во-первых, отпадает необходимость в дублировании ее мощности, и, во-вторых, возникает возможность обеспечить более благоприятный режим тепловых электростанций, создавая тем самым соответствующую экономию топлива. Однако этот эффект не сопровождается увеличением выработки электроэнергии. Наоборот, выработка энергии при суточном регулировании будет меньше той, которую давала бы ГЭС, работая на естественном режиме стока, т.е. без регулирования.

Это является следствием того, что, как показывается в курсе гидравлики, средний за сутки уровень воды в нижнем бьефе при неустановившемся режиме в нем всегда будет выше, чем при постоянном расходе, определяемом Qδ (рис.10 20, г). Кроме того, среднесуточный уровень верхнего бьефа Zнб (рис.10.20, в) будет всегда ниже того, при котором ГЭС работала бы, не имея регулирования, т.е. на естественном расходе при НПУ. Это подтверждается также и графиком изменения напора Нгэс (t), представленным на рис.10.20д. Здесь Н соответствует напору, определяемому как разность средних уровней zвб и Zy, при QГЭС (t).

Получающиеся потери суточного регулирования зависят прежде всего от величины используемого напора Чем меньше напор, тем сильнее сказываются эти потери, и для низконапорных ГЭС они доходят до 3-5% суточной выработки ГЭС при ее работе на естественном расходе.

По мере увеличения суточного притока режим работы ГЭС будет все более выравниваться и, наконец, может быть достигнуто такое положение, когда ГЭС все 24 ч будет работать с полной установленной или располагаемой мощностью, т е. в базисной части графика нагрузки. Дальнейшее увеличение бытового расхода приведет к необходимости холостого сброса излишков воды помимо турбин, уровень нижнего бьефа при этом повысится (см. рис.10.18), напор уменьшится, а вместе с ним уменьшится и мощность ГЭС, становясь для низко - и средненапорных ГЭС значительно меньше установленной.

При осуществлении суточного регулирования могут возникнуть различного рода ограничения, накладываемые на режимы ГЭС неэнергетическими участниками комплекса. Так, например, при отсутствии подпора в нижнем бьефе со стороны нижележащей ГЭС водный транспорт может предъявить требования по обеспечению необходимых судоходных глубин в течение всех 24 ч, а также в отношении допустимых скоростей течения при подходе к шлюзам.

Аналогичные требования по поддержанию необходимых глубин могут быть предъявлены водопотребителями (ирригация, промышленное и бытовое водоснабжение). Для удовлетворения этих требований производят попуски в нижний бьеф определенных расходов воды, называемых базисными. Наконец, иногда возникают ограничения режима турбин ГЭС (обычно при небольших нагрузках) по условиям кавитации (см § 9.5), которую длительное время допускать нельзя. Ограничения при суточном регулировании иногда возникают и вследствие отсутствия достаточной емкости водохранилища.

Реализация указанных ограничений обычно приводит к снижению энергоэкономической эффективности работы ГЭС, однако при комплексном использовании водотока это снижение является вполне оправданным с точки зрения народного хозяйства в целом, так как компенсируется отдачей, получаемой от неэнергетических участников комплекса.



Объем водохранилища, необходимый для суточного регулирования, очень небольшой и обычно составляет около 0,5 объема суточного стока расчетного маловодного года.

Недельное регулирование. В нерабочие дни недели нагрузка потребителей электроэнергии резко падает (особенно в воскресенье). В это время гидроэлектростанция может также снизить свою мощность до величины, меньшей той, которую она могла бы развить, работая на естественном расходе. Получающийся избыток (рис.1021,6) может быть использован на заполнение водохранилища, сработанного за время рабочих дней недели. Сказанное иллюстрирует рис.10.21, б, где для простоты предполагается, что бытовой расход, как это обычно бывает в периоды маловодья (межень), в течение недели практически не изменяется, нагрузка потребителей системы в рабочие дни практически одинакова и в неделе имеются два выходных дня (рис.10 21, а). Понятно, что качественно картина не изменится, если нагрузка системы в рабочие дни и приточность не будут неизменными.

Таким образом, недельное регулирование обеспечивает неравномерное потребление воды гидроэлектростанцией в течение недели в соответствии с недельными колебаниями нагрузки потребителей. Если водохранилище одновременно используется и для суточного регулирования, то в нем будет наблюдаться и суточное колебание уровней бьефов (пунктир на рис 1021, в, г). Однако замкнутого цикла суточного регулирования, естественно, при этом не будет, так как уровень водохранилища к концу каждого рабочего дня будет ниже. Продолжительность полного цикла колебаний уровня верхнего бьефа в этом случае (рис 1021,0) будет равна одной педеле

При недельном регулировании, так же как и при суточном, имеется возможность повысить мощность ГЭС по сравнению с той, которую она могла бы развить, работая на естественном расходе. Однако получаемый в этом случае энергетический эффект за счет работы ГЭС большую часть времени на пониженных напорах (рис 1021,<3) будет меньше, чем при суточном регулировании Вместе с тем годовая выработка ГЭС недельного регулирования будет несколько выше (за счет некоторого уменьшения холостых сбросов) по сравнению с ГЭС суточного регулирования, так как водохранилище недельного регулирования больше по объему, чем водохранилище суточного регулирования Обычно считается, что при двух выходных днях этот объем не превышает приточности за одни, принятые за расчетные маловодные сутки.

При осуществлении недельного регулирования на соответствующий режим ГЭС могут также накладываться разного рода ограничения как со стороны неэнергетических отраслей комплекса, так и по условиям бескавитационного режима работы турбин. Естественно, что все подобного рода ограничения будут снижать энергоэкономическую эффективность ГЭС

Общим для краткосрочного регулирования является перераспределение сравнительно равномерного суточного и петельного режима приточности в неравномерный режим расходов ГЭС

Годичное регулирование. Естественный гидрологический годовой ре/Ким реки обычно отличается крайней неравномерностью и находится в противоречии с запросами энергетики Применяемое для снятия этого противоречия годичное регулирование путем задержания (частично пли полностью) в водохранилище вод половодья и использование их в течение маловодного периода позволяет увеличить гарантированную мощность ГЭС и количество вырабатываемой ею энергии по сравнению с ГЭС краткосрочного регулирования за счет уменьшения (или ликвидации) бесполезных сбросов вод половодья. Весь цикл регулирования при этом занимает 1 год. Если после сработки очередного наполнения водохранилища всегда имеются холостые сбросы, то регулирование называется сезонным (неполным годичным) в отличие от годичного (полного), когда в условиях расчетной обеспеченности стока сбросов нет. Как в случае сезонного регулирования, так и годичного в каждом следующем году циклы сработки и наполнения повторяются.



Объем водохранилища годичного регулирования обычно составляет от 2 до 30% среднемноголетнего объема годового стока реки, т е. βгр=0,02÷0,30.

Водохранилище годичного регулирования может, как это обычно и бывает, одновременно выполнять и краткосрочное регулирование (суточное и недельное)

На рис 10 22, а представлена общая схема годичного регулирования, а на рис.1022,6 - сезонного (имеется период сброса излишков вод). На этих же рисунках представлены соответствующие режимы верхнего бьефа Zвб (t). Ясно, что в особо маловодные годы или при слишком больших (сверх расчетных) изъятиях вод половодья водохранилище может и не наполниться до отметки НПУ.

Нетрудно представить себе, как будет изменяться, если регулирование будет произведено не на постоянный расход QГЭС, а в соответствии с заданным графиком нагрузки ГЭС.

Многолетнеерегулирование. Цикл регулирования длится несколько лет Водохранилище наполняется избыточным стоком одного пли нескольких многоводных лети опорожняется в течение ряда маловодных лет. При этом регулировании уровень водохранилища в конце маловодною года будет всегда ниже, чем в начале его Многолетнее регулирование сводится к увеличению стока маловодных лет. Особенностью этого вида регулирования является непостоянство продолжительности цикла регулирования. При неизменном потреблении воды период наполнения и период опорожнения водохранилища определяется исключительно гидрологической обстановкой каждого года Чем больше при этом относительный объем водохранилища, тем, очевидно, реже он заполняется до отметки НПУ.

При многолетнем регулировании, так же как и при годичном, имеется возможность увеличить гарантированную мощность ГЭС и вырабатываемую ею энергию (за счет практически полного устранения бесполезных сбросов во время половодий) по сравнению с ГЭС годичного регулирования и краткосрочного. Само собой разумеется, что и в этом случае водохранилище может осуществлять любое менее длительное регулирование (или сочетание их).



Считается, что для того, чтобы водохранилище ГЭС могло осуществлять многолетнее регулирование, его объем должен составлять не менее 30-50% величины среднего за многолетний период объема годового стока реки, т.е. βмр = 0,3÷0,5

На рис 1023 представлены общая схема многолетнего регулирования и график изменения уровня верхнего бьефа. Как видно из рисунка, период наполнения' в зависимости от водности лет может быть различным В начале регулирования водохранилище было заполнено в первый же год, а после сработки на это потребовалось два года (более маловодных, чем первый год).

Таким образом, при длительном регулировании уменьшается многолетняя и годичная неравномерность расхода, в то время как при краткосрочном регулировании неравномерность расхода за регулируемый период (сутки, неделя) резко возрастает.

Кроме описанных видов регулирования различают специальные виды регулирования, включая каскадное.

# ***Каскадное и комплексное использование водных ресурсов***

Развитие гидроэнергетики РОССИИ осуществляется главным образом за счет каскадного освоения водных ресурсов. В этих условиях гидроэнергетические ресурсы отдельных рек используются не одной гидроэлектростанцией, а несколькими, последовательно расположенными друг за другом. При этом в каскаде могут быть как плотинные, так и деривационные гидроэлектростанции.

Как показывает практика, каскадные схемы позволяют полнее и экономичнее использовать энергетический потенциал реки, поскольку они, в частности, уменьшают энергетические потери водотока. Энергоэкономическая эффективность каскада при проектировании определяется количеством ступеней и месторасположением каждого гидроузла, определяющего размеры водохранилища, напора, мощности и капитальных вложений. Особое значение при этом приобретают экологические аспекты. В числе наиболее крупных объединенных каскадов страны следует отметить Лигаро-Енисейский, в том числе завершаемая строительством Саяно-Шушенская ГЭС мощностью 6400 МВт и действующая Красноярская ГЭС 6000 МВт. Это уникальный каскад по своим энергоэкономическим показателям. Достаточно сказать, что себестоимость вырабатываемой электроэнергии на этих ГЭС составляет всего несколько сотых копейки. Вторым объединенным крупнейшим каскадом является Волжско-Камский.

Энергоэкономическая эффективность действующих каскадов при заданном естественном режиме речного стока определяется исключительно оптимальным распределением нагрузки между отдельными электростанциями системы и характером требований на воду со стороны других отраслей народного хозяйства, которые при этом должны выполнять отдельные ГЭС.

Кроме повышения энергетической эффективности каскадные схемы позволяют существенно повысить эффективность использования стока и другими отраслями народного хозяйства.

Использование водных ресурсов одновременно несколькими отраслями народного хозяйства называется комплексным Комплексное использование обеспечивает от данного гидроузла больший экономический эффект, чем использование их какой-либо одной отраслью народного хозяйства

Участники (компоненты) комплексного использования образуют водохозяйственный комплекс. Те из компонентов водохозяйственного комплекса, которые используют воду как вещество и изымают ее из данного водоисточника, называются водопотребителями. Эта вода по истечении некоторого времени, иногда достаточно длительного, может вновь поступить в водооборот, но уже в другом створе или даже в другом бассейне. При этом многие водопотребители возвращают воду существенно худшего качества. Те же участники комплекса, которые полностью или почти полностью возвращают после использования воду того же качества (например, ГЭС) или совсем ее не изымают из водотока (например, водный транспорт), называются водопользователями.

Каждый вид водопользования предъявляет свои требования к качеству воды. Наиболее разнообразные требования, диктуемые технологическими процессами производства, предъявляет промышленность. Для некоторых технологических процессов к качеству воды предъявляются более высокие требования, чем к питьевой.

Поддержание должного уровня качества воды, используемой для хозяйственно- и культурно-бытовых нужд, обеспечивается "Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами", разработанными Министерством здравоохранения РОССИИ. Эти правила являются обязательными для всех видов водопотребления, и выполнение их контролируется соответствующими службами Государственного санитарного надзора РОССИИ.

# ***Литература***

1. Основы современной энергетики. В 2 т. / Под общей редакцией Е.В. Аметистова. Т.2. Современная электроэнергетика / Под ред. А.П. Бурмана, В.А. Строева. - М.: Издательство МЭИ, 2008. - 632 с.

2. Быстрицкий Г.Ф. Основы энергетики. - М.: КноРус, 2011. - 350 с.

. Абдурашитов Ш.Р. Общая энергетика. - М.: Голос, 2008. - 312 с.

. Стерман Л.С., Лавыгин В.М., Тишин С.Г. Тепловые и атомные электрические станции. - М: Издательство МЭИ, 2010. - 464 с.

. Соколов Б.А. Котельные установки и их эксплуатация. М.: Академия, 2009. - 432 с.

. Липов Ю.М., Третьянов Ю.М. Котельные установки и парогенераторы. - Москва - Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2006. - 592 с.

. Цанев С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций. - М.: Издательство МЭИ, 2009. - 578 с.

. Зорин В.М. Атомные электростанции. Основной технологический процесс. - М.: Издательство МЭИ, 2008. - 304 с.

. Рожкова Л.Д., Карнеева Л.К., Чиркова Т.В. Электрооборудование электрических станций и подстанций. - М.: Академия, 2009. - 448 с.