

УДК 338.45.22:502.36.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ,
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГЭС
И ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**Докт. техн. наук Д.А.Кариев
Б.Б.Аманбаев

Приведен анализ современного состояния ГЭС Казахстана, предложены пути повышения их эффективности и экологической безопасности на основе модернизации и реконструкции. Дана классификация направлений наращивания мощностей ГЭС. Рассмотрены вопросы энергоресурсосбережения.

Роль гидроэлектростанций в энергосистеме весьма существенна, по существу они являются единственным оперативным резервом ЦДУ. Возможность ГЭС работать в режимах переменных нагрузок, позволяет использовать их в оперативном управлении энергосистемами всех уровней. Крупные ГЭС включены в комплексы противоаварийной автоматики и системы регулирования частоты и мощности. Повышение экономичности работы энергосистем заключается в низкой себестоимости вырабатываемой на ГЭС электроэнергии, а также в снижении удельных расходов топлива на тепловых электростанциях (ТЭС), которые при наличии ГЭС и ГАЭС работают с постоянными нагрузками, покрывая базис нагрузки энергосистемы, из-за ограниченных маневренных возможностей.

Для энергетики Казахстана одной из важнейших проблем, как известно, является покрытие пиковых нагрузок, повышение надежности и живучести энергосистем. Все энергосистемы республики за исключением Восточного и Юго-Восточного Казахстана развиваются главным образом за счет ТЭС. Основным источником пиковой мощности для ОЭС Северного Казахстана в ближайшей перспективе могут быть ГЭС на реке Иртыш, а также при завершении строительства ЛЭП Север-Юг (до 2001 г.) – гидроэлектростанции Юго-Восточной зоны Казахстана. Но, как показал анализ современного состояния действующих ГЭС Казахстана, практически все они эксплуатируются ниже своих возможностей из-за

физического и морального старения основного оборудования, неэффективного использования водных ресурсов и ужесточения экологических требований, запрещающих резкие колебания уровней в нижнем бьефе. Поэтому назрела необходимость проведения в кратчайшие сроки мероприятий по восстановлению, реконструкции и модернизации действующих ГЭС для достижения проектных мощностей и выработки электроэнергии, обеспечения экологической безопасности и надежности. Особое внимание необходимо уделить ГЭС, на которых можно провести реконструкцию с расширением и установкой дополнительных агрегатов. В трудах академика Ш.Ч.Чокина, ученых КазНИИЭ и Алматыгидропроекта имеются некоторые рекомендации по расширению и увеличению мощностей ГЭС Иртышского каскада, Капчагайской ГЭС и др., которые приводятся ниже:

- Бухтарминская ГЭС с установленной мощностью 675 МВт и годовой выработкой электроэнергии 2,2 млрд. кВт.ч, построена и принята в эксплуатацию в 1966 году. Плотина ее высотой 80 м в верхнем бьефе имеет огромное водохранилище с полной емкостью 47,7, полезной – 31 млрд. м³, одно из крупнейших в стране оно обеспечивает многолетнее регулирование стока реки Иртыш. Это позволяет использовать ее для покрытия остропиковых нагрузок графика нагрузки ОЭС Северного Казахстана, для этого рекомендуется увеличить ее установленную мощность почти в 2 раза, т.е. провести реконструкцию с расширением;
- Усть-Каменогорская ГЭС (следующая ступень каскада) с установленной мощностью 332 МВт и годовой выработкой электроэнергии 1,45 млрд. кВт.ч. имеет водохранилище с полной емкостью 0,65 и полезной емкостью – 0,07 млрд. м³, обеспечивающее суточное регулирование стока. Сдана в эксплуатацию в 1953 г. Режим ее работы зависит от режима работы Бухтарминской ГЭС, в связи с этим также необходимо увеличить ее установленную мощность;
- Шульбинская ГЭС, самая мощная в каскаде, представляет третью ступень. Проектная мощность 1350 МВт, выработка – 2,89 млрд. кВт.ч в год. Водоохранилище ГЭС полной емкостью 10,2, полезной – 7,4 млрд. м³, должно было обеспечивать многолетнее регулирование стока реки Иртыш, что позволило бы использовать ее в остропиковой зоне ГНЭС. Из-за отказа строительства Семипалатинской ГЭС. в связи с ужесточением экологических требований, ее установленная мощность была снижена до 702 МВт. В настоящее время работает в режиме ограничения по мощности. Разрыв между установленной и фактической мощностью составляет более 50 %. Решение данной проблемы возможно с помощью строительства ниже ШГЭС гидроузла-контррегулятора, предложенный институтом "Алматыгидропроект" [4];
- Ульбинская ГЭС с установленной мощностью 27,6 МВт. была сдана в эксплуатацию в 1940 году, в настоящее время фактическая выра-

бюджет электроэнергии составляет ниже 50 %, требуется реконструкция с расширением и увеличением установленной мощности примерно в 2 раза:

- Верхне-Хариузовская ГЭС на р. Ульбе мощностью 5,6 МВт. сдана в эксплуатацию в 1927 г. Воду она дополнительно получает из р. Громотуха, подпитываемой Малоульбинским водохранилищем, обеспечивающим сезонно-годовое регулирование стока реки Малая Ульба. В настоящее время, из-за полного износа основного оборудования, выведена из эксплуатации, требуется полное восстановление;
- Тишинская ГЭС на реке Ульба мощностью 6,2 МВт, построена в 1949 году, работает также на части стока реки Громотуха. Требуется полная реконструкция сооружений и оборудования. В схемах, в рабочих параметрах и режимах работы Ульбинской, Тишинской и Верхне-Хариузовской ГЭС важное место занимает Малоульбинское и Тишинское водохранилища с полными емкостями соответственно 85 и 6,5 млн. м³. Первое обеспечивает сезонно-годовое регулирование стока реки Малая Ульба, второе – суточное и устойчивый забор воды в Ульбинскую ГЭС. Река Громотуха – одна из самых энергонасыщенных рек Восточного Казахстана и здесь, согласно проработкам Гидропроекта, возможно строительство двух ГЭС мощностью соответственно 150 и 60 МВт;
- Капчагайская ГЭС на реке Или с установленной мощностью 364 МВт, среднегодовой выработкой электроэнергии – 1,2 млрд. кВт.ч. Сдана в эксплуатацию в 1971 г. Имеется водохранилище многолетнего регулирования полной емкостью 28,14 млрд. м³. Может работать в остропиковой зоне ГНЭС, что очень важно для повышения ее энергоэкономических показателей. Из-за неэффективного использования водных ресурсов, фактическая мощность составляет – 182 МВт. Необходимо повышение ее эффективности модернизацией отдельных узлов основного оборудования и улучшение использования водных ресурсов на ГЭС. Например, реальным объектом гидростроительства на период до 2010 года является Кербулакская ГЭС (50 МВт) на реке Или, используемая как контр-регулятор Капчагайской ГЭС. Это позволит уменьшить разрыв между установленной и располагаемой мощностью (соответственно 364 и 182 МВт). При работе совместно с контр-регулятором общая используемая мощность составит около 350 МВт, выработка электроэнергии – 1,24 млрд. кВт.ч. Регулировочный диапазон Капчагайской ГЭС увеличится на 112 МВт [1,4];
- Шардаринская ГЭС на реке Сырдарья с установленной мощностью 100 МВт, сдана в эксплуатацию в 1966 году и появилась в связи с развитием мелиорации на Юге республики. Увеличение установленной мощности и выработки электроэнергии может быть достигнуто за счет реконструкции с заменой оборудования на новое, более эффективное и надежное и снижения холостых сбросов, появившихся

- с увеличением санитарных попусков в низовья Сырдарьи в рамках решения проблем Аральского моря;
- Каскад Алматинских ГЭС, суммарной мощностью 61 МВт, введен в эксплуатацию в 1943 – 63 г.г. Требуется реконструкция с заменой оборудования и модернизации систем управления. Возможно увеличение мощности в 2 раза и более. Можно использовать в пиковой части ГН ОЭС региона.

Таким образом, фактическая мощность ГЭС Казахстана, которые могут быть использованы как оперативный резерв НЭС Казахстана, на сегодняшний день составляет около 1640 МВт (а по проектным значениям установленных мощностей каждой ГЭС – 2270 МВт), что составляет 9 % установленной мощности всех электростанций страны, 13,6 % от максимальной нагрузки энергосистемы в настоящее время и 10 % в 2010 году. Выработка электроэнергии на ГЭС в 1995 году составила 8,32 млрд. кВт.ч или 13,2 % от электроэнергии, произведенной всеми электростанциями страны, что свидетельствует об интенсивной эксплуатации ГЭС в последнее время.

В современных условиях надежное и эффективное снабжение электроэнергией возможно лишь при наличии в энергосистеме определенного резерва мощности, компенсирующего случайные события, приводящие к дефициту мощности. В целом суммарная резервная мощность энергосистемы должна быть в пределах 8 – 15 % от годового максимума нагрузки энергосистемы.

По данным К.Дукенбаева [1], для Национальной энергетической системы (НЭС) Казахстана, при условии энергетической независимости, величина резерва мощностей в настоящее время должна составлять около 1809 МВт, а в перспективе (до 2010 г.) - около 2423 МВт. Для региональных ОЭС эти данные должны выглядеть следующим образом: для ОЭС Северной зоны – 1214 и 1526 МВт; для Южной зоны – 412,5 и 617 МВт; для Западной зоны – 183 и 280 МВт.

Оперативный резерв НЭС должен составить около 8 – 15 % от максимальной нагрузки, т.е. около 965 – 1809 МВт в настоящее время и 1292 – 2423 МВт в будущем. Установленная мощность всех ГЭС Казахстана (по проектным данным) составляет 2270 МВт, большая часть которых используется для покрытия пиковых нагрузок и в комплексах противоаварийной автоматики и системах АРЧМ. В связи с этим для обеспечения надежного и высокоэффективного энергоснабжения важнейшей проблемой становится наращивание мощностей высокоманевренных энергоустановок, к которым относятся ГЭС – ГАЭС, газотурбинные (ГТЭС) и парогазовые (ПГЭС) электростанции. ГТЭС и ПГЭС обладают достаточно высокой маневренностью и могут в течение суток несколько раз включаться и останавливаться. Главным их недостатком является потребление дефицитного топлива и большой удельный расход топлива – 0,45-0,5 кг/кВт.ч, тогда как средний удельный расход топлива на ТЭС составляет 0,326 кг/кВт.ч.

При исключительной роли ГЭС в покрытии графиков нагрузки энергосистем их вывод из эксплуатации потребует срочного создания новых пиковых мощностей, в основном газотурбинных электростанций. Для их работы потребуется ежегодно огромное количество газа, который выделить из добываемого не представляется возможным, увеличение же добычи газа потребует дополнительных инвестиций в эту отрасль. Создание, взамен выбывающих мощностей ГЭС, тепловых будет способствовать дополнительному загрязнению воздушного бассейна вредными выбросами и увеличению использования и загрязнения водных ресурсов, в основном, в дефицитных по воде районах. Кроме того, это будет способствовать ускорению глобального потепления климата.

По прогнозам специалистов потребление электроэнергии в Казахстане к 2010 году достигнет уровня 1990 года (до распада СССР), т.е. 105 млрд. кВт.ч и к этому времени из-за достижения предельного срока службы из работы могут быть выведены свыше 100 агрегатов, генерирующих мощности, если своевременно не будут проведены мероприятия по модернизации и реконструкции действующих энергоустановок. Суммарная мощность этих агрегатов составляет 9,5 млн. кВт при установленной мощности всех электростанций Казахстана – 17,93 млн. кВт. Поэтому, принимая во внимание экономическое положение Казахстана и финансовое состояние энергетической отрасли, приоритетными направлениями наращивания мощностей должны стать:

- модернизация, реконструкция и восстановление действующих энергоустановок;
- завершение объектов высокой степени готовности;
- государственная политика энергосбережения во всех звеньях народного хозяйства;
- максимальное вовлечение в энергетический баланс гидравлических и нетрадиционных энергоустановок, не использующих органическое топливо.

Необходимость наращивания мощностей на ГЭС не вызывает сомнений из-за их экономической эффективности, экологической безопасности и высокой маневренности. На основе анализа гидроэнергетического потенциала, состояния ГЭС и их функций в энергосистеме, целесообразно выделить основные направления наращивания мощностей на ГЭС, осуществляемые с целью обеспечения эффективности, высокой надежности и живучести ЭЭС, экологической безопасности энергокомплексов, а также экономии и рационального использования природных энергетических ресурсов и представить их в виде классификации, приведенной на рисунке. Классификация составлена с учетом реалий настоящего времени и облегчит выбор дальнейшего развития отрасли "Гидроэлектроэнергетика", занимающей особое положение в ЭЭС всех уровней и активизирует работы по наращиванию мощностей ГЭС с учетом экологических требований.

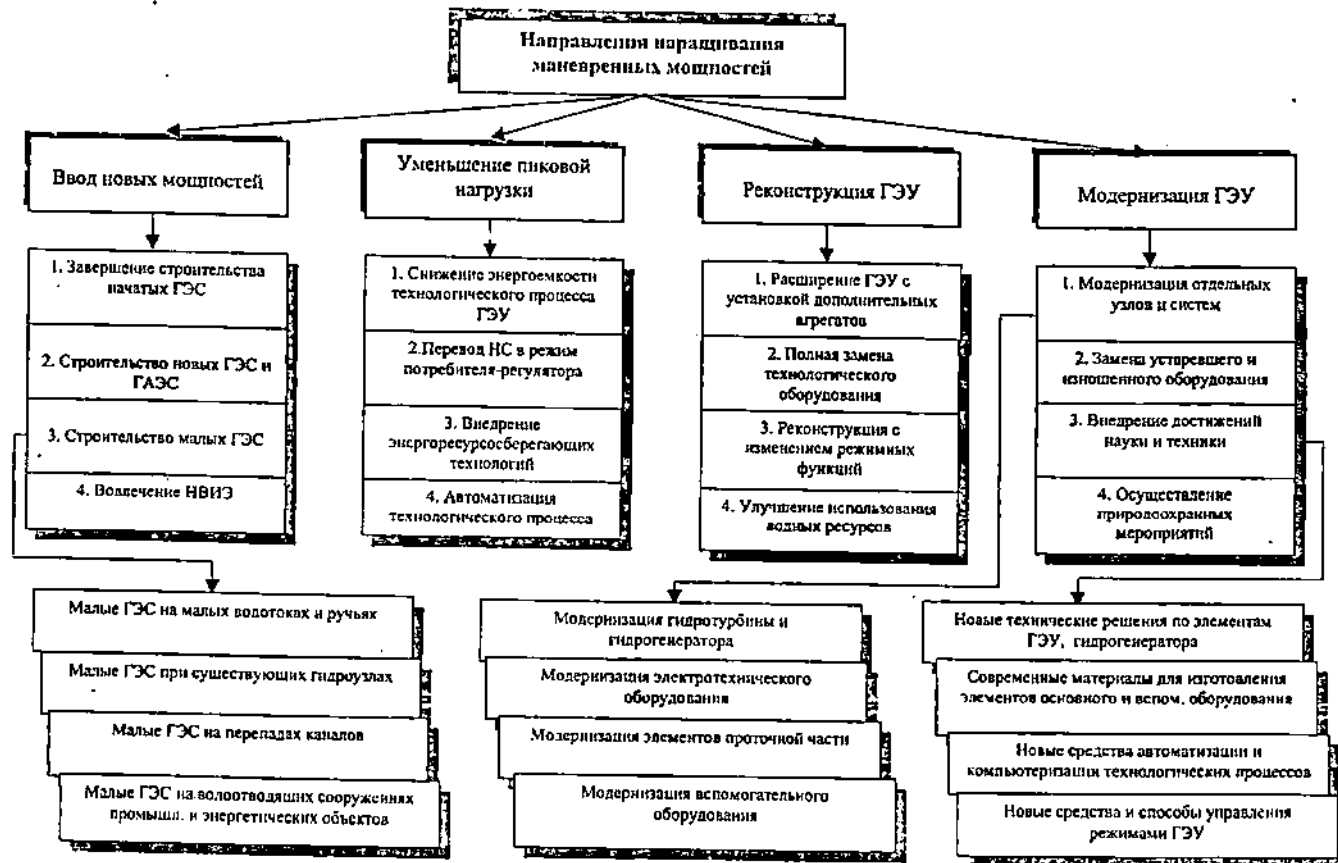


Рис. Классификация основных направлений наращивания мощностей ГЭУ

Одним из важных направлений наращивания энергетических мощностей и обеспечения энергопотребления в современных условиях является интенсивное энергосбережение, которое реально позволит снизить темпы роста потребностей в электрической и тепловой энергии, уменьшить объемы ввода новых энерго мощностей, а также снизить нагрузку на инвестиционный баланс страны и топливодобычу. Как показано в [1], расход первичных энергоресурсов в расчете на единицу ВВП в Казахстане примерно в 1,5-2 раза больше, чем в США и вдвое выше по сравнению с передовыми Западноевропейскими странами, активно проводящими государственную энергосберегающую политику, осуществляющими финансовую поддержку энергосбережения и законодательное регулирование в сфере энергетики и энергопотребления. Энергоемкость Казахстанской промышленной продукции в 2-5, а сельскохозяйственной - в 1,5-3 раза превышает среднемировой уровень. т.е. имеются возможности ее снижения [1].

Крупные насосные станции, работающие в режиме потребителя - регулятора, могут быть использованы для регулирования нагрузки энергосистемы и как синхронные компенсаторы. При таком режиме работы во время прохождения максимумов нагрузки часть агрегатов или вся НС останавливается, а в часы ночных и дневных провалов графика нагрузки энергосистемы (ГНЭС), включаются в работу, давая повышенный расход воды. Особенно выгоден такой режим в осенне-зимний период, когда сокращается количество перебрасываемого стока и воды, подаваемой для орошения, и облегчается прохождение ночного минимума ГНЭС за счет увеличения потребления электроэнергии. Это сокращает необходимость остановки и глубокой разгрузки агрегатов ТЭС и приводит к экономии топлива и издержек на их ремонт. Конечно, неравномерная в течении суток работа НС может привести к их удорожанию вследствие увеличения установленной мощности, создания гидроаккумулирующих емкостей, увеличения пропускной способности водопроводящего тракта и т.п. Но эти затраты будут компенсированы снижением тарифной ставки за электроэнергию, используемую в часы провалов ГНЭС.

Канал Иртыш-Караганда обеспечивает подачу воды в промышленные районы Караганды и Темиртау, на Экибастузский ТЭК и на орошаемые земли Центрального Казахстана. По трассе канала имеется 14 водохранилищ сезонно-годового и многолетнего регулирования стока, крупнейшие из них Туздинское, Самаркандское и Экибастузское расположены в промышленных районах и могут использоваться как регулирующие емкости при переводе НС каскада в режим потребителя-регулятора. Увязка графика водоподачи и графика нагрузки энергосистемы региона повысит эффективность как НС, так и энергосистемы. Кроме того, уменьшение забора воды из водохранилища на орошение, водоснабжение в часы прохождения максимума нагрузки в совокупности с энергосбережением на насосных станциях способствует увеличе-

нию пиковой мощности ГЭС, работающей в одной энергосистеме. Перевод НС, работающих в осенне-зимний период или в течение всего года в режиме потребителя-регулятора дает существенную экономию затрат по ЭЭС. При этом удельная экономия затрат, при отключениях НС от сети только в период максимальной нагрузки ЭЭС на 3-6 часов в сутки, изменяется в зависимости от времени отключения и условий развития энергосистемы в пределах 6,1- 63,2 руб/кВт в год (в ценах 1984 г.) [3].

Исследования, проведенные учеными КазНИИЭ, также показали высокую эффективность перевода промышленных предприятий Казахстана в режимы потребителей-регуляторов [5].

По данным К.Дукенбаева [1], потери в сетях Казахстана составляют 13 % (9,19 млрд. кВт.ч) в год, в России – 9 % (80,6 млрд. кВт.ч). Причиной потерь является дальность передачи электроэнергии, увеличение числа трансформаций, межсистемные перетоки, устаревшие электросетевые коммуникации всех уровней, а также недостаток средств компенсации реактивной мощности. Поэтому в числе прочих мероприятий необходимо увеличение средств компенсации реактивной мощности: перевод генераторов в режим синхронного компенсатора (СК). В связи с этим синхронные двигатели НС Иртышского каскада могут быть приспособлены для работы в режиме СК. Тогда они будут выдавать в энергосистему реактивную мощность и тем самым повышать $\cos \varphi$ и регулировать напряжение в системе.

В настоящее время большинство крупных НС находятся в эксплуатации более 25-30 лет и требуют проведения технического перевооружения и реконструкции, модернизации отдельных элементов и узлов с целью повышения их эффективности и надежной работы. Применение современного оборудования, новых технических решений по конструктивным элементам и способам регулирования, позволит увеличить единичную мощность насосных агрегатов, уменьшая их общее число на насосных станциях, а также уменьшить потребление электроэнергии и непроизводительные потери водных ресурсов.

На основе сказанного выше, можно предположить, что прирост мощности на крупных ГЭС Казахстана, после их модернизации и реконструкции, составит от 50 до 100 % (по сравнению с положением в настоящее время), т.е. суммарная мощность ГЭС будет в пределах от 3260 до 4350 МВт, с учетом каскада Алматинских ГЭС (120 МВт после реконструкции) и Ульбинских ГЭС (около 80 МВт), общая мощность ГЭС Казахстана может достигнуть величины 3460 – 4550 МВт, что составляет 22 – 28 % максимума нагрузки энергосистемы Казахстана в 2010 году. Кроме того, большое количество малых ГЭС (21 – действующих и около 60 – законсервированных и списанных) после реконструкции и модернизации могут быть вовлечены в топливно-энергетический баланс республики. Экономия топливных ресурсов составит от 45 до 65 млн. т.у.т в год, без учета экономии на его добыче и

