

UDK 911.3:628.1(437)=82

Йозеф Риха

СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ
И ЭНЕРГИИ

(В работе использованы данные и опыт, полученные в ЧССР)

Введение

Чехословакия представляет собой расположенную внутри континента страну с высокоразвитой промышленностью и сельским хозяйством. Вместе с ростом урбанизации, развитием энергетики, промышленности, ирригационных систем непрерывно растет и потребление воды. Ресурсы подземных источников воды практически исчерпываются снабжением населения питьевой водой, поэтому будущее источников водоснабжения зависит от строительства искусственных бассейнов и водохранилищ для аккумуляции поверхностной воды. С этой целью уже в течение ряда лет создаются водохозяйственные системы широкого назначения с возможностью магистрального отвода воды в другой бассейн, в области с недостаточным водоснабжением.

Водные ресурсы ограничиваются полным средним количеством осадков за многолетний период 696 мм/год, т.е. в пересчете на объемное количество - $89 \cdot 10^9$ м³/год. Сток воды с территории страны составляет $27,74 \cdot 10^9$ м³/год, что представляет собой величину, находящуюся намного ниже европейского и мирового среднего уровня, чем подтверждается факт ограниченности количества пригодных к

использованию источников поверхностной воды. Кроме того, их широкое использование начинает в настоящее время ограничиваться вследствие неустанно растущего загрязнения. На территорию страны не притекает, за исключением Дуная, ни один водный поток.

В истории развития индустриализации уже с самого начала широко использовалась для производства электроэнергии, наряду с природными видами топлива, и энергия водных источников. Было построено большое число гидратехнических сооружений, в особенности в верховьях потоков, сначала для привода мельниц, лесопилок и кузниц, а с конца 19 века для производства электрической энергии. Например, на территории Чехии и Моравии было в 1930 году зарегистрировано 10514 гидротехнических сооружений энергетического назначения с общей установленной мощностью 187600 кВт, т.е. в среднем около 17,8 кВт на одну гидроэлектростанцию. Лишь несколько гидроэлектростанций в то время имело мощность более 1 МВт.

Дальнейшее развитие гидроэнергетики соответствовало развитию экономических и политических условий. В частности, снизилось число малых гидроэлектростанций примерно на 6000 единиц, т.е. до 42 %. Обеспечение потребности общества в электрической энергии взяли на себя современные классические тепловые электростанции на природные топлива, а также крупные гидроэлектростанции. Соотношения между энергетической политикой (Energy Policies - EP) и стратегией развития источников водоснабжения (Strategies for Water Resources Development - SWRD) решаются на наивысшем центральном уровне управления посредством государственного плана развития народного хозяйства. С этой целью в прошлом (1954 г., 1976 г.) был разработан Государственный план водного хозяйства ЧССР (12), являющийся, в сущности, открытым адаптивным средством управления. В качестве немаловажного элемента в решении соотношений EP - SWRD в настоящее время включаются требования по обеспечению развития атомных электростанций.

2. Структура используемых первичных источников энергии - проблемы состояния на сегодняшний день и прогноз развития

Электроэнергия является основным фактором, обуславливающим технологический процесс в ЧССР. Из общего количества произведенной в 1985 году энергии, составляющего 77.10^{12} ватт-часов, более 63 % было получено в тепловых электростанциях, более 17 % - в атомных и 6 % в гидроэлектростанциях. Предполагается, что эта структура до 2000 года изменится таким образом, что производство электроэнергии в тепловых электростанциях снизится до 60 % количества, вырабатываемого в 1985 году, причем в гидроэлектростанциях оно возрастет примерно в 1,5 раза, а в атомных электростанциях - примерно в 22 раза.

Чехословакия располагает незначительными ресурсами нефти и природного газа, вследствие чего в прошедший период возникла необходимость как можно полнее использовать бурый уголь, который по своему составу и трудностям, связанным со сжиганием, причисляется к самым низкосортным видам топлива в мире. Этот факт привел к известным отрицательным воздействиям на лесные пространства и на здоровье населения (чрезмерное загрязнение жизненного пространства сернистым газом и золой-уносом). Гидроэнергетический потенциал водных потоков, как следует из геофизических условий, ограничен (преимущественно области с ключами и источниками, слабая обводненность, высокая нестабильность количества протекающей воды). Теоретическая максимальная величина гидроэнергетического потенциала Чехословакии оценивается в 4 ГВт, т.е. 28631 ГВт.часов производства электрической энергии в год. Из этого количества доля технически используемой энергии составляет 39 %, т.е. всего 11901 ГВт.часов/год. Оценка потенциала около 350 объектов была приведена в рамках Государственного плана водного хозяйства. Наинизший рассматриваемый уровень установленной мощности составляет 5 МВт при гарантированной длительности пика 4 часа в день.

Вообще говоря, можно констатировать, что по завершении строительства крупных гидросооружений, в частности, Влтавского

каскада в Чехии и Важского каскада в Словакии, экономические возможности использования первичных источников водной энергии практически исчерпаны. Оставшиеся возможности реализации технически используемого потенциала носят лишь теоретический характер, поскольку не могут считаться экономически приемлемыми для народного хозяйства.

В настоящее время было принято решение проанализировать возможности реконструкции, модернизации и строительства малых гидроэлектростанций. Результатом является план строительства 35 малых гидроэлектростанций с общей мощностью около 78,31 МВт и среднегодовым производством 342,53 ГВт.часов, которые будут строиться в рамках строительства гидросооружений, предназначенных для иных целей, в первую очередь, для водоснабжения.

Эффективным средством удовлетворения потребности в электроэнергии могут далее служить лишь гидроаккумулирующие электростанции. В настоящее время их значение возрастает в связи с планируемым развитием атомных электростанций, где они считаются практически единственным устройством, пригодным для компенсации работы атомных электростанций в недельном режиме (потребление электроэнергии на перекачку воды в нерабочие дни). Например, в ЧССР в начале 80-х лет работали лишь две гидроаккумулирующие электростанции (Штеховице на р.Влтава, 42 МВт, перепад 220 м; Добшина на р. Гнилец, 22 МВт, перепад 280 м). В рамках Государственного плана водного хозяйства была проведена оценка более 300 принимаемых во внимание объектов. Из этого числа около 26 объектов имеет наиболее благоприятные экономические показатели при возможности создания перепада 400-600 м и с предполагаемой общей установленной мощностью 15000 МВт.

Однако, до настоящего времени абсолютный объем производства электроэнергии в ЧССР должны были обеспечивать классические тепловые электростанции, причем их производительность будет постепенно снижаться на счет увеличения производительности атомных электростанций. По этой причине формирование соотношений EP - SWRD связано с необходимостью удовлетворения растущей потребности

в охлаждаемой воде в соответствии с принятой программой строительства новых атомных электростанций. В период 1985-2000 гг. производительность тепловых и атомных электростанций возрастет примерно на 7800 МВт, а отбор воды возрастет с $1804 \cdot 10^6$ до $1889 \cdot 10^6$ м³/год. В результате развития этого строительства некомпенсируемое потребление воды возрастет с $292 \cdot 10^6$ примерно до $436 \cdot 10^6$ м³/год в 2000 году.

В классических тепловых электростанциях в настоящее время протекает процесс рационализации, состоящий в перестройке систем охлаждения с проточных на циркулирующие. При этом происходит снижение потребления воды и заметно снижаются требования к развитию водоснабжения до 2000 года.

Здесь можно в информативном порядке привести планируемые величины потребности в воде для работы атомных электростанций на единицу установленной мощности в ЧССР, а именно: среднее потребление 2,80, максимальное потребление летом - 3,43, средний отбор 4,10, максимальный отбор летом - 4,50 м³/МВт.час.

3. Примеры отрицательного воздействия энергетических предприятий на жизненное пространство и население

Результатом контрольных измерений положительных и отрицательных воздействий энергетических предприятий на территории ЧССР находятся в согласии с аналогичными данными, полученными за рубежом. Необходимость оценки общей эффективности строительства в последние годы вела к развитию и применению теории многокритериального анализа с целью подготовки объективных оснований для процесса принятия решения. Результатом является мультикритериальный формализованный метод, позволяющий в полной мере учесть значение внеэкономических, так называемых социальных критериев.

В качестве конкретных примеров воздействия можно привести последствия строительства Влтавского и деривационного Важского каскадов. Строительство отдельных гидросооружений вместе с энергетическим использованием водных источников приводит к возникнове-

вению экологических проблем, связанных с приемлемыми величинами минимального расхода воды в исходном русле. Например, правила эксплуатации гидросооружений Орлик, Камик, Слапи и Штеховице допускают наличие нулевого потока и при закрытых нижних бьефах (причиной является эффективное использование гидроэлектростанций в часы пик). Под гидросооружением Камик, на территории поселка Камик были зарегистрированы несколькодневные перерывы в подаче воды.

Водоохранилище Липно на Влтаве с 1960 года имеет самую большую площадь затопления в ЧССР - $48,7 \cdot 10^6 \text{ м}^2$ с объемом $306 \cdot 10^6 \text{ м}^3$. Подземная гидроэлектростанция истошает пороги и меандры естественного русла реки (охраняемый природный заповедник "Чертовы потоки") по длине 12 км (участок между поселками Липно и Высший Брод).

Аналогичным образом и первоначальное русло реки Ваг дегенерируется в экологическом отношении допустимым минимальным потоком около $3 \text{ м}^3/\text{с}$ вследствие деривационного характера гидросооружения.

Строительство гидросооружений привело к существенным изменениям температуры как в самом водоохранилище, так и под ним, в вытекающей воде (см. изменения и воздействия на возможность использования водоохранилищ в качестве зон отдыха по сравнению с прошедшими годами).

Поскольку гидроэлектростанции являются, как правило, составной частью гидросооружений, наблюдаются нежелательные колебания поверхности воды, а вследствие этого и истирания берегов, или же наоборот, возникновение равнинных болот в верхней части водоохранилища.

Принципиальный конфликт при формировании соотношений EP - SWRD возникает в аспекте удовлетворения потребностей тепловых и атомных электростанций в воде технологического назначения. Речь идет о проблеме использования воды вне русла, где вода, отобранная для охлаждения, навсегда устраняется из гидрологического цикла района. Наряду с удовлетворением других растущих потребностей

ождается, например, что в 2000 г. полное потребление воды в ЧССР достигнет $72 \text{ м}^3/\text{с}$, т.е. около 15 % полного среднего годового стока, что представляет собой сравнительно большую величину, соотносимую со средним объемным расходом реки Лаба (Эльба) в профиле поселка Нимбурк в средней Чехии.

С планируемым развитием мощных источников водоснабжения атомных электростанций мощностью 4000 МВт связаны некоторые прогнозы гипотетического характера о потенциальном воздействии на общий гидрологический баланс. Например, компонента испарения, вероятно, подвергается определенным изменениям с учетом постепенного повышения средней годовой температуры на территории ЧССР, которое по сравнению с 1800 г. оценивается на $1,35 \text{ }^\circ\text{C}$.

Приведенные факты однозначно диктуют необходимость обеспечения развития источников водоснабжения путем строительства искусственных водохранилищ, т.е. повышения объема аккумулируемой пригодной к употреблению воды с необходимым опережением по времени.

4. Оценка влияния на жизненную среду - анализ случая современного состояния Чехословакии (EIA)

Обеспечение строительства источников электрической энергии в форме атомных электростанций в ЧССР представляет с точки зрения географических условий комплексную проблему (сейсмичность, высокая плотность населения, ограниченность ресурсов местных источников воды и т.п.). Выбор соответствующих мест в принципе определяется обязательными критериями IAEA. Поскольку новые планируемые объекты будут иметь мощность 2000 МВт или 4000 МВт, то выбор места и очередности реализации должен осуществляться на уровне наивысшей гражданской ответственности.

В качестве одного из оснований для результирующего процесса принятия решения использовался многокритериальный анализ, основанный на аксиометрической теории кардинальной полезности. Была применена аддитивная модель формализованного метода тотального показателя качества среды (Total Index of Environmental

Quality - TIEQ), определяемая соотношением

$$U = \text{TIEQ} = \sum_{j=1}^n w_j^{(N)} U_j \quad (1)$$

где U - многомерный вектор полезности;

U_j - качественный множитель как частная функция полезности;

$w_j^{(N)}$ - количественный множитель как нормализованный вес критерия;

$j = 1, 2, \dots, n$ - общее число критериев.

Величина U_j определяется уравнением:

$$U_j = f_j(P_j) \quad (2)$$

где P_j - показатель критерия произвольного размера.

Частные функции полезности конструировались, как так называемые действительно монотонно возрастающие или убывающие функции для интервала $0 \leq U_j \leq 1$, в зависимости от характера показателя P_j , т.е. от того, имеется ли прямая зависимость (по принципу "чем выше, тем лучше"), или же непрямая зависимость ("чем ниже, тем лучше").

Аддитивность моделей сохранялась при соблюдении принципа, чтобы для множества w_j выполнялось:

$$0 < w_j^{(N)} < 1; \quad (j = 1, 2, \dots, n), \quad (3)$$

и одновременно:

$$\sum_{j=1}^n w_j^{(N)} = 1 \quad (4)$$

Была поставлена задача: определить очередность реализации пяти вариантов атомных электростанций: В(1) - Опатовице 2000 МВт, В(2) - Благутовице 2000 МВт, В(3) - Благутовице 4000 МВт, В(4) -

Кешерове 2000 МВт, В(5) – Темелин 4000 МВт.

Задающий, т.е. концерн ЧЭЗ, установил каталог критериев для $n = 20$ и задал входные величины для всех вариантов (матрица инцидентности). Взаимодействие с водными источниками было выражено с помощью трех критериев, а именно P_5 , P_7 и P_9 .

Разработчик анализа определил формы одномерных функций преобразования U_j .

Величины для множества количественных множителей $w_j^{(N)}$ определялись групповым экспертным методом при общем числе 39 респондентов. Был использован метод парного сравнения и преобразован метод DELPHI (одноразовая анонимная анкета без последующей коррекции).

С помощью машинного расчета на электронно-вычислительной машине HEWLET PACKARD 9830A были определены величины многомерно-го вектора U следующим образом:

Вариант	В(1)	В(2)	В(3)	В(4)	В(5)
Величина U	0,4575	0,5371	0,5885	0,4810	0,5779
Очередность	5	3	1	4	2

Анализ результатов решения показал, что приоритет получили варианты с предполагаемой двойной мощностью, благодаря чему на передний план выступили преимущества экономического критерия, которому большинство экспертов, совершенно независимо друг от друга, присудили первоочередную важность.

5. Заключение

Обеспечение воды для всех потребителей в ЧССР становится все более затруднительно. Последствия ограничения финансовых средств, постепенное нарастание загрязнений и связанное с этим приведение в негодность водных источников привело к тому, что с начала 80-х лет начали возникать пассивные в водохозяйственном отношении области. Во время гидрологических аномалий случаются нарушения водоснабжения, как, например, в 1982 и 1983 годах в районах, где это отразилось более, чем на 2,5 миллионах жителей (ограниченное

снабжение населения питьевой водой из цистерн, прекращение подачи горячей воды из центральных источников). Начинается также регулирование подачи воды для технологических целей в промышленности.

Имеется реальная опасность того, что развитие водных источников станет ограничивающим звеном развития народного хозяйства. Это является результатом отставания водохозяйственных капиталовложений по сравнению с потребностями общества. По оценке экспертов может считаться вполне обоснованной величина порядка 4 % общих капиталовложений в народное хозяйство. В качестве информации - в 1980 году эта величина составляла в ЧСР всего лишь 2,0 %, а в ССР - 2,7 %.

Ввиду планируемого строительства новых атомных электростанций с крупным сосредоточенным отбором воды будет необходимо создание требуемого числа основных резервуаров с достаточной для обеспечения абсолютно безаварийной эксплуатации этих электростанций емкостью.

Выбор места и обоснованную в масштабах всего общества очередность строительства проектируемых атомных электростанций можно без труда определить с помощью аксиоматической теории кардинальной полезности. Для этих целей в ЧССР был создан и с успехом проверен оригинальный метод TIEQ.

J. Říha

STRATEGIJA RAZVOJA VODNIH IN ENERGETSKIH VIROV

Povzetek

(V delu so uporabljeni podatki in izkušnje, ki jih ima pri tem čSSR)

Preskrba z vodo za vse porabnike v čSSR postaja iz dneva v dan bolj težavna. Posledic omejevanja finančnih sredstev, postopno povečevanje onesnaženja voda in s tem povezana neuporabnost vodnih virov so pripeljali do tega, da so se v začetku 80 let začela pojavljati pasivna območja glede preskrbe z vodo. V času hidroloških anomalij so se začele dogajati motnje v preskrbi z vodo, kot npr. leta 1982 in 1983 na področjih, kjer se je to odrazilo na več kot 2,5 milijonih prebivalcev (omejena preskrba prebivalcev s pitno vodo iz cistern, prekinitvev toplovodnega omrežja). Začela se je tudi regulacija dovajanja vode za tehnološke namene v industriji.

Obstaja realna nevarnost, da bo razvoj vodnih virov postal omejevalni člen v razvoju narodnega gospodarstva. To je rezultat zaostalosti vlaganj v vodno gospodarstvo v primerjavi s potrebami družbe. Po ocenah strokovnjakov znaša višina vlaganj v razvoj vodnega gospodarstva 4 % od vseh investicij v narodno gospodarstvo. Za informacijo - leta 1980 je ta vsota na češkem znašala 2,0 %, na Slovaškem pa 2,7 %.

Zaradi načrtovane gradnje novih jedrskih elektrarn z ogromno porabo vode bo nujno treba postaviti potrebno število rezervoarjev, ki bodo omogočali absolutno varno delovanje teh zmogljivosti.

Izbor kraja in zaporedje gradnje načrtovanih jedrskih central je brez tezav mogoče določiti s pomočjo aksiomske teorije koristnosti. V te namene je ČSSR oblikovala in uspešno preverila originalno metodo TIEQ.