

## ЭНЕРГЕТИКА

Э. С. ПОГОСБЕКОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА МНОГОЛЕТНЕГО  
АККУМУЛИРОВАНИЯ ГАЗА ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ  
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Осуществление многолетнего аккумулирования позволяет обеспечить неравномерное потребление газа тепловыми электростанциями при равномерном поступлении его по магистральному газопроводу, то есть позволяет зарегулировать многолетнюю неравномерность потребления топлива тепловыми электростанциями [1].

Как показали исследования [2], многолетние колебания годовых значений как гидравлической, так и выравнивающей электроэнергии в пределах заданных обеспеченностей можно представить в виде кривых обеспеченностей нормального распределения вероятностей.

Выработка гидроэлектроэнергии является результатом преобразования, переработки речного стока, который в гидрологических и водохозяйственных расчетах принят изменяющимся в многолетнем разрезе по асимметричному закону распределения вероятностей годовых значений стока [3, 4]. В процессе выработки гидроэлектроэнергии практически во всех случаях в турбины гидроэлектростанций возможен пропуск ограниченных расходов воды, срезающих максимальные значения расхода речного стока до пропускной способности гидротехнических сооружений. Это обстоятельство, во-первых, устанавливает конечный предел бесконечной распространности правой ветви дифференциальной кривой распределения, принятой к математическому описанию распределений годовых объемов речного стока (рис. 1).

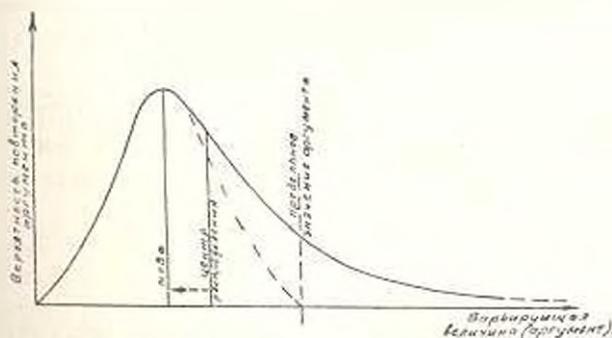


Рис. 1.

кривой Пирсона третьего типа, во-вторых, как бы стягивает точки оси абсцисс правой ветви кривой к центру распределения (средне-многолетнему значению). Центр распределения в свою очередь за счет уменьшения среднемноголетней величины сдвигается влево к модальному значению. Следовательно, гипотетически можно допустить, что в процессе выработки гидроэлектроэнергии имеет место вырождение асимметричной кривой распределения в симметричную с укорочением правой ветви кривой и с слиянием моды и центра распределения.

Распределения вероятностей годовых значений энергии в многолетних энергетических рядах достаточно полно характеризуются средним статистическим значением ряда  $\bar{X}$ , дисперсией  $\sigma^2$  и коэффициентом корреляции  $r$ . Располагая указанными статистическими параметрами расчетного ряда ограниченной длительности, как выборочными характеристиками действительно многолетнего ряда неограниченной длительности, можно по кривой обеспеченности этого ряда моделировать искусственный многолетний ряд любой продолжительности [4]. Моделирование искусственных рядов по кривым обеспеченности позволяет создавать многолетние энергетические ряды любой продолжительности, в которых будет заключено значительно больше необходимой информации о многолетних колебаниях энергии, нежели в весьма коротких исходных расчетных рядах. Для наших исследований, когда стоит задача по определению объема многолетнего аккумулирования энергоресурса (газа), наибольший интерес как раз и представляет информация о возможных значениях и чередованиях годовых объемов выравнивающей энергии.

Стохастическую связь между годовыми величинами энергии по аналогии с расчетным стоком можно выразить через функцию перехода [4]:

$$\bar{X}_{t+1} = 1 + r (\bar{X}_t - 1) + \Phi_{t+1} \cdot C_r \sqrt{1 - r^2}, \quad (1)$$

где  $r$  — коэффициент корреляции (случай простой цепи Маркова);  $\bar{X}_t$  — предшествующее значение случайной величины годовой энергии многолетнего ряда;  $\bar{X}_{t+1}$  — последующее значение случайной величины;  $C_r$  — безусловный коэффициент вариации энергетического ряда;  $\Phi_{t+1}$  — относительное отклонение ординат кривой обеспеченности годовых величин энергии от среднего значения.

В силу того, что кривая обеспеченности энергетического ряда выражается через нормальную функцию распределения вероятностей, величина  $\Phi_{t+1}$  определяется по таблице интеграла вероятностей

$$F(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt.$$

Значение  $\Phi_{t+1}$  представляет собой величину аргумента  $x$  интеграла вероятностей. Между интегралом вероятностей (функцией распределения вероятностей) и абсциссами кривой обеспеченности  $p(x)$

существует связь  $p(x) = \frac{1 - F(x)}{2}$ , посредством которой и определяются ординаты кривой обеспеченности, их относительные отклонения  $\Phi_{i-1}$ .

В частном случае, когда между годовыми объемами энергии смежных лет корреляционная зависимость отсутствует ( $r=0$ ), функция перехода (1) упрощается и принимает вид  $\mathcal{E}_{i-1} = 1 + \Phi_{i-1} C_p$ , что говорит о том, что связь между смежными годами осуществляется лишь посредством кривой обеспеченности, построенной для безусловного коэффициента вариации.

Моделирование многолетнего ряда годовых объемов энергии любой продолжительности по статистическим параметрам  $\bar{\mathcal{E}}$ ,  $\varepsilon$  и  $r$ , найденным по исходному расчетному ряду ограниченной длительности, производится с помощью таблицы случайных чисел по формуле (1).

Заданные значения  $C_p = \frac{\varepsilon}{\bar{\mathcal{E}}}$  и  $r$  подставляются в формулу. Затем каждое последующее значение  $\mathcal{E}_{i+1}$  определяется на основе предыдущего  $\mathcal{E}_i$  посредством последовательного ряда случайных чисел, представляющих собой обеспеченности  $p$  годовых объемов энергии моделируемого ряда. Для каждого значения выражения  $(1-2p)$  находим соответствующие величины  $x = \Phi_{i-1}$ , которые подставляются в (1).

По указанному способу был смоделирован 500-летний ряд выравнивающей энергии выработки Ингури ГЭС по кривой обеспеченности, построенной на базе выработок этой ГЭС по наблюдаемому гидрологическому ряду. Расчет показал, что отклонение среднелетней величины смоделированного ряда от исходного заданного значения средней не превышает 2%.

Моделируемый ряд выравнивающей (тепловой) электроэнергии продолжительностью  $n$  лет со среднелетним значением  $\bar{\mathcal{E}}$  выражает собой как бы календарный график объемов потребной тепловой электроэнергии  $\mathcal{E}_i$  за длительный период. Если осуществлять ежегодную подачу теплоэлектроэнергии объемом  $\bar{\mathcal{E}}$ , то ежегодно будем иметь разницу между подачей  $\bar{\mathcal{E}}$  и потреблением  $\mathcal{E}_i$ , равную  $\Delta\mathcal{E}_i = \bar{\mathcal{E}} - \mathcal{E}_i$ . В случае сохранения каким-либо способом положительных разностей путем накопления (аккумуляирования) их за ряд лет для удовлетворения потребности в годы с отрицательной разностью мы получим нарастающие объемы положительных и отрицательных разностей

$$\Delta\mathcal{E}_{i-1} = \bar{\mathcal{E}} - \mathcal{E}_i - \Delta\mathcal{E}_i \quad (2)$$

Некомый многолетний объем аккумуляирования  $W$  будет равен сумме абсолютных величин максимальных значений положительных и отрицательных разностей, полученных за весь многолетний ряд

$$|-\Delta\mathcal{E}_{\max}| + |\Delta\mathcal{E}_{\max}| = W.$$

Рассмотренный нами способ определения объема многолетнего аккумулирования энергоресурса основан на годовых величинах выравнивающей энергии, которые не учитывают сезонных (внутригодовых) колебаний, свойственных электроэнергии, вырабатываемой гидроэлектростанциями. Неучет внутригодовых колебаний искажает действительную картину процесса и дает при расчетах заниженные величины объема аккумулирования и среднемультилетней подачи энергоресурса. Как видно из рис. 2, при расчетах потребной выравнивающей

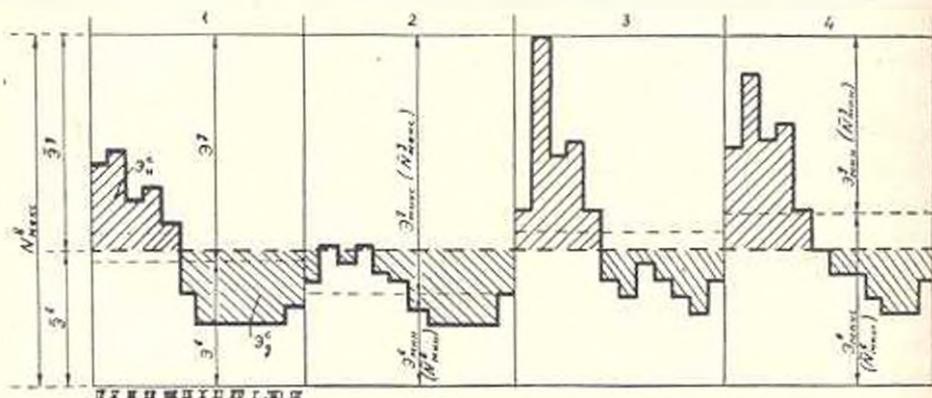


Рис. 2.

щей энергии только по годовым объемам выработки мы имели бы максимальное значение годовой дополняющей энергии за пятилетие, равное разности годовых выработок четвертого и второго годов, т. е.

$$E_{\max}^k = E_{\max}^k - E_{\min}^k$$

и соответственно среднемультилетняя выравнивающая энергия была бы равна

$$\bar{E}^k = \frac{E_{\max}^k}{2}.$$

В этом случае в год с максимальным объемом выработки (4-й год) потребность в выравнивающей энергии как бы отсутствует и равна нулю.

При учете же внутригодовой неравномерности потребность в выравнивающей энергии в 4-й год (в год с максимальной выработкой) вовсе не равняется нулю и имеет весьма существенное значение, определяемое уровнем, задаваемым максимальной среднемесячной мощностью гидроэлектроэнергии  $N_{\max}^0$  из всего рассматриваемого многолетия. Вместо прежнего уровня выравнивания, диктовавшегося по сути дела среднегодовой мощностью максимальной годовой выработки  $N_{\max}^0$ , устанавливается новый более высокий уровень выравнивания многолетней неравномерности, равный максимальной из всего многолетнего ряда среднемесячной мощности  $N_{\max}^0$ .

Если подача энергоресурса (газа) осуществляется по среднемультилетнему уровню, равному среднему за многолетие месячному объ-

му, будут возникать излишки энергии  $\mathcal{E}_n^+$  в месяцы с повышенной против среднепогодной величины выработкой гидроэлектроэнергии и нехватки в ней  $\mathcal{E}_n^-$  в месяцы с пониженной выработкой. Аккумулируя каждый год излишки энергоресурса  $\mathcal{E}_n^+$  в избыточные, по энергии месяцы с последующим использованием их в дефицитные месяцы года  $\mathcal{E}_n^-$  и передавая остаток  $\Delta\mathcal{E}_n^+ = \mathcal{E}_n^+ - \mathcal{E}_n^-$  на следующий год, может быть осуществлено сезонно-многолетнее регулирование.

Ввиду того, что нами по аналогии с гидрологической разбивкой лет принят отчет годов с наводного периода (с максимальными месячными выработками гидроэлектроэнергии) с завершением годов меженью (с минимальными месячными выработками гидроэлектроэнергии), когда потребность в выравнивающей электроэнергии от начала года к концу возрастает, балансовое выражение накопленных разностей при сезонно-многолетнем регулировании представится уравнением

$$\Delta\mathcal{E}_{i-1} + \mathcal{E}_{ni} - \mathcal{E}_{ni}^+ = \Delta\mathcal{E}_i^+.$$

Сумма  $\Delta\mathcal{E}_{i-1} + \mathcal{E}_{ni} - \mathcal{E}_{ni}^+$  указывает на объем аккумуляирования или величину наполнения свободной емкости в очередном году; разность же  $\Delta\mathcal{E}_{ni} - \mathcal{E}_{ni}^+ = \mathcal{E}_i^+$  являет собой процесс опорожнения емкости и дает величину извлекаемого из емкости энергоресурса.

Таким образом, режим регулирования за многолетие, складывающийся из процесса наполнения и опорожнения емкости, оцениваемый величинами  $\Delta\mathcal{E}_{ni}$  и  $\Delta\mathcal{E}_i^+$ , может быть представлен двумя балансовыми выражениями:

$$\begin{aligned} \Delta\mathcal{E}_{i-1} - \mathcal{E}_{ni}^+ &= \Delta\mathcal{E}_i^+; \\ \Delta\mathcal{E}_{ni} - \mathcal{E}_{ni}^+ &= \Delta\mathcal{E}_i^+. \end{aligned} \quad (3)$$

Максимальное значение разности  $\Delta\mathcal{E}_{ni} - \Delta\mathcal{E}_i^+$  по данному многолетнему ряду и укажет на объем  $W$  многолетнего аккумуляирования, который необходим для осуществления сезонно-многолетнего регулирования газопотребления теплоэлектростанции.

Моделирование искусственного многолетнего ряда сезонных неравномерностей, присущих исходному репрезентативному энергетическому ряду, предлагается осуществить следующим образом. Как по казавшим исследования, между годовыми объемами выравнивающей энергии  $\mathcal{E}_i$  и объемами сезонных фаз  $\mathcal{E}_{ni}^+$ ,  $\mathcal{E}_{ni}^-$  (вычисленных относительно среднепогодной месячной выработки) имеет место корреляционная связь. Эта корреляционная зависимость достаточно тесная по одним объектам и относительно слабая по другим может быть выражена через два уравнения регрессии:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{ni}^+ &= \mathcal{E}_i^+ + r_1 \frac{r_{12}}{r_1} (\mathcal{E}_i - \bar{\mathcal{E}}); \\ \mathcal{E}_{ni}^- &= \mathcal{E}_i^- + r_2 \frac{r_{22}}{r_2} (\mathcal{E}_i - \bar{\mathcal{E}}), \end{aligned}$$

где  $\bar{E}_n$ ,  $\bar{E}'_n$  — средние за многолетие величины сезонных отклонений (фаз) от средне многолетней месячной энергии.

Эти зависимости позволяют на базе моделируемого ряда годовых энергий конструировать соответствующий ему ряд сезонных объемов энергии  $\bar{E}_n$  и  $\bar{E}'_n$ .

АрмНИИ энергетика

Поступило 6.V.1965.

Է. Ս. ՊՈԳՍԵԿՈՎ

ԼՆԵՐԳՈՒԹՅԱՆԻ ԶԵՐՈՒՅՑԻՆ ԿԵԿՏՐԱԿԱՆԱՆՆԵՐԻ ԶԱՄԵՐ  
ԳԱՐԻ ԲԾՁԳԱԿԱՆ ԿՈՒՏԱԿՈՒՆ ՓԱՎԱԿԻ ԱՐՈՇԱԲԻՐԸ

Ս. մ փ ո փ ո լ մ

Հիդրոէլեկտրակենտրոնի տրասպորտի թաղանթի սեզոնական առկայությունը ախտաբան է ջերմային էլեկտրակայաններին աշխատելու թաղանթում: Ծածկելով այդ անկումները: Զերոյական էլեկտրակայանների այդպիսի անհամարաչափ աշխատանքը, որպես վատերի ոգտագործելով դադարեցնելով է դադամուղի ոչ կոնստիկ ոգտագործմանը:

Գաղամարքներում կուտակված զազի թաղանթի իրացումը նախադրություն է առկա սպասելի նրա անհամարաչափ սպասումը՝ մոդիսարաչափին դադամուղի զազի համարաչափ ներմուծման զեղումը:

Գրաննայով հիդրոէլեկտրոնի տրասպորտի ստատիստիկական փնտհագրական որինաչափությունը, կարելի է կազմել ջերմային էլեկտրակայաններից պատանջվող էլեկտրակենտրոնի թաղանթի ստատիստիկական ցանկացած շափի տրանսպորտի շարքը: Վերջինս թայ է առկա բախարտը ճշամվումը որոշել էլեկտրոնաբանների կուտակման թաղանթի ծավալը:

Հոգվածում շարաղրված է էլեկտրակայան տրանսպորտի շարքերի մատենման էտիլներ՝ ըստ ստատիստիկական կարերի, և դրանց միջոցով էլեկտրոնաբանի կուտակման թաղանթի ծավալի որոշման եղանակը:

Տարեկան էլեկտրոնի մեծությունը նրան համարաչափանոց սեզոնային անհամարաչափությունը որոշելով, նա կարելի է համարաչափ թաղանթի ծավալի որոշումը սեզոնային նա և ստանալ էլեկտրոնաբանի սեզոնաթաղանթի կուտակման գումարային մեծությունը: Այդ ծավալը համարմեր է զազի այն ծավալին, որն անհրաժեշտ է կուտակել էլեկտրոնաբանում թաղանթի կարգավորիչների սեզոնային աշխատող ջերմէլեկտրակայանների համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Оганя А. М., Абулджали Д. С. Экономика гидроэнергетики и энергосистеме. М., 1961.
2. Погосбеков Э. С. К вопросу выравнивания многолетних колебаний гидроэлектростанции тепловыми электростанциями. Известия АН АрмССР (серия техн. наук), т. XVII, № 4, 1964.
3. Крицкий С. И., Меньков М. Ф. Гидрологические основы речной гидротехники, 1950.
4. Савинко Т. Г. Основы расчета регулирования речного стока методом Монте-Карло. Тбилиси, 1964.