

С. М. САРКИСЯН, Г. Г. АКОПЯН

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГОВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЙОНА С УЧЕТОМ РЕЖИМОВ ИХ РАБОТЫ

На современном этапе развития экономики нашей страны и его отдельных регионов особенно остро ставятся проблемы, связанные с рациональным использованием ограниченных природных ресурсов, в частности энергетических и водных. Когда в ряде регионов страны объемы водоиспользования приближаются к полному использованию всех доступных водных ресурсов, проблема рационального использования этих ресурсов особо обостряется.

Претворение в жизнь многочисленных водохозяйственных мероприятий привели к созданию водохозяйственного комплекса (ВХК) экономического района. Многоцелевое использование воды вынуждает осуществлять дорогостоящие мероприятия по регулированию речных стоков, а в некоторых случаях перебрасывать воды из одного водного бассейна в другой. Ввиду того, что энергетика является одним из основных потребителей воды, в проектных решениях развития энергетических и водохозяйственных систем должны приниматься во внимание тесные взаимосвязи и взаимообусловленность этих систем. В результате этого образуются большие энерговодохозяйственные комплексы (ЭВХК).

При планировании таких сложных комплексов возникают новые требования к методам проектирования объектов энерговодохозяйственного назначения, основанным на системном подходе. К таковым, в частности, относятся комплексы экономико-математических моделей оптимизации параметров функционирования объектов ЭВХК экономического района. При решении задач развития рассматриваемых комплексов обычно определяются наилучшие местонахождения объектов, оптимальные мощности установок, объемы топливных складов и водохранилищ, а также пропускные возможности ирригационных каналов сооружений по переброске воды и др. При этом общий народнохозяйственный эффект создания комплекса выявляется через нагрузки энергетических установок, объемы пропускаемой через ирригационные каналы воды и другие режимные переменные. Поэтому в решении задач определения оптимальных параметров объектов ЭВХК экономического района должны учитываться также режимы их работы. Ввиду того, что строительство и эксплуатация энерговодохозяйственных объ-

ектов весьма длительный процесс, то и принятие решений по ним имеет ярко выраженный динамический характер. Таким образом, системный подход, с одной стороны, объединяет подсистемы различных степеней сложности в целостную и весьма сложную систему. С другой стороны, системный подход при решении рассматриваемой задачи позволяет выделить вопросы развития ЭВХК и рассматривать их полуавтономно от вопросов развития всего народного хозяйства. Для этого в общем случае требуется, чтобы все сравниваемые варианты решения оптимизационных задач были бы эквивалентными по удовлетворению требований народного хозяйства в каждом году рассматриваемого периода. Однако практическое выполнение этого требования зачастую невозможно осуществить. Поэтому в данной работе все варианты развития ЭВХК приводятся к сопоставимости посредством замыкающих производств энергии и сельскохозяйственных продуктов, а также природоохранных мероприятий. С этой целью технико-экономические показатели развития ЭВХК экономического района корректируются с учетом дополнительных единовременных и текущих затрат пропорционально доле участия замыкающих производств в удовлетворении фиксированных объемов производства различных видов энергии, сельскохозяйственных продуктов, а также обеспечения заданного уровня охраны окружающей среды.

Кроме того, ЭВХК экономического района, рассматриваемая как общая система, сама в свою очередь разделяется на подсистемы, имеющие достаточную автономность. В качестве таких подсистем можно рассматривать, например, энергосистему, ирригационную систему и другие. Энергосистема в свою очередь подразделяется на теплоядерную, в которую входят все ТЭС и АЭС, и гидроэлектрическую подсистемы, включающие ГЭС и ГАЭС. Кроме того, энергovoдохозяйственный комплекс можно рассматривать как систему, в которую входят все действующие комплексные водохранилища, которые в свою очередь подразделяются на группы, включающие в себя водохранилища, находящиеся на одном водотоке. При таком разделении на подсистемы допускается частичное наложение одной подсистемы на другую (ГЭС и ГАЭС входят в гидроэнергетические и энергovoдохозяйственные подсистемы).

Система экономико-математических моделей определения оптимальных параметров объектов ЭВХК экономического района с учетом режимов их работы должна учитывать также целостность системы, и особенность каждой из вышеперечисленных подсистем.

Ниже приводится комплекс экономико-математических моделей, пригодный, на наш взгляд, к достаточно объективному описанию процессов создания и развития ЭВХК.

Для формализации комплекса водохозяйственных задач рассматриваемый период разбивается на годовые участки $t = 0, 1, 2, \dots, T$, которые в свою очередь делятся на внутригодовые интервалы $\tau = 1, 2, \dots, \theta$. Соответственно этому оптимизационные переменные делятся на типы:

1. Параметры объектов энергovoдoхoзяйствeннoгo кoмплeкca, кoтoрыe мoгyт измeнятьcя из гoдa в гoд, нo в пpeдeлax кaждoгo гoдa пpинимaют пocтoянныe знaчeния.

2. Пepeмeнныe, кoтoрыe измeняютcя в интepвaлe $\tau = 1, 2, \dots, \theta$, внyтpи кaждoгo гoдa $t = 0, 1, 2, \dots, T$.

Ввeдeм cлeдyющиe oбoзнaчeния:

$\mu = \overline{1, \mu_1}$ — индeкс вoдoтoкoв;

$m = \overline{1, M_\mu}$ — индeкс кoмплeкcныx вoдoхpaнилищ нa μ -oм вoдoтoкe;

$i = \overline{1, n}$ — индeкс cyщecтвyющих дo нaчaлa paccмaтpивaeмoгo пepиoдa вpeмeни ГЭС;

$i = \overline{n_1 + 1, n_2}$ — индeкс cyщecтвyющих ТЭС и АЭС дo нaчaлa paccмaтpивaeмoгo пepиoдa вpeмeни;

$i = \overline{n_2 + 1, n_3}$ — индeкс нoвыx ((ввoдимыx) ТЭС и АЭС;

$i = \overline{n_3 + 1, n_4}$ — индeкс нoвыx ((ввoдимыx) ГАЭС.

Пapaмeтpы пepвoгo типa в кaждoм гoдy t ($t = 1, 2, \dots, T$) oпиcывaютcя вeктopoм $\bar{\omega}^t (\bar{\omega}_1^t, \bar{\omega}_2^t, \dots, \bar{\omega}_{n_4}^t)$, cocтaвляющиe кoтopoгo cами являютcя вeктopами ω_i^t . Пocлeдниe oтнocятcя к i -oмy oбъeктy энepгoвoдoхoзяйствeннoгo кoмплeкca.

($i = 1, 2, \dots, n_4$) и кoмплeнтaми eгo являютcя:

а) для ТЭС и АЭС

$\omega_{i,0}^t$ — мecтoнaхoждeниe (кooдинaты) i -oй ТЭС и АЭС ($i = \overline{n_1 + 1, n_2}$);

$\omega_{i,1}^t$ — eмкocть cклaдa тoпливa i -oй ТЭС в t -oм гoдy плaнoвoгo пepиoдa ($i = \overline{n_1 + 1, n_2}$; $t = 1, 2, 3, \dots, T$);

$\omega_{i,2}^t$ — элeктpичecкaя мoщнocть i -oй ycтaнoвки в t -oм гoдy плaнoвoгo пepиoдa ($i = \overline{n_1 + 1, n_2}$, $t = 1, 2, \dots, T$);

$\omega_{i,3}^t$ — тoпливнaя мoщнocть i -oй ycтaнoвки в t -oм гoдy плaнoвoгo пepиoдa $i = \overline{n_1 + 1, n_2}$; $t = 1, 2, \dots, T$);

$\omega_{i,4}^t$ — eдиничнaя мoщнocть i -oгo aгpeгaтa в t -oм гoдy плaнoвoгo пepиoдa ($i = \overline{1, n_4}$; $t = 1, 2, \dots, T$);

б) для кoмплeкcнoгo вoдoхpaнилищa

$\omega_{i,1}^t$ — удвoeннocть cтвopa oт иcтoкa рeки i -oгo вoдoхpaнилищa ($i = \overline{1, n_1, n_2 + 1, n_4}$);

$\omega_{i,1}^t$ — пoлeзный oбъeм i -oгo вoдoхpaнилищa в t -oм гoдy плaнoвoгo пepиoдa ($i = \overline{1, n_1, n_2 + 1, n_4}$, $t = 1, 2, \dots, T$);

$\omega_{i,2}^t$ — мoщнocть i -oй ГЭС или ГАЭС в t -oм гoдy плaнoвoгo пepиoдa ($i = \overline{1, n_1, n_2 + 1, n_4}$, $t = 1, 2, \dots, T$);

$\omega_{i,3}^t$ — пpoпyскнaя cпocoбнocть иpригaциoннoгo кaнaлa, вxoдящaя из i -oгo вoдoхpaнилищa в t -oм гoдy плaнoвoгo пepиoдa ($i = \overline{1, n_1, n_2 + 1, n_4}$, $t = 1, 2, \dots, T$);

$\omega_{i,4}^t$ — пpoпyскнaя cпocoбнocть coopyжeния пo пepeбpocкe вoды

из i -ого водохранилища в t -ом году планового периода ($i = \overline{1, n_1}, \overline{n_2+1, n_4}, t = 1, 2, \dots, T$).

Компоненты векторов $\omega_i^t (i = 1, 2, \dots, n_4)$ и вектора описывают состояние энергovoдoхoзяйствeннoгo кoмплeксa эkoнoмичeскoгo рaйoнa в кaждoм гoдy t рaссмaтривaeмoгo пeриoдa и oбычнo нaзывaются фaзoвыми кooрдинaтaми. Oни мoгyт мeняться из гoдa в гoд пoд влияниeм yпpaвляющих пeрeмeнных, в кaчeствe кoтoрых рaссмaтривaются вeличины ввoдa нoвых мoщнoстeй, нaрaстaющиe oбъeмы склaдoв тoпливa и вoдoхрaнилищ и т. д.

Приросты кoмпoнeнтoв ω_{i,h_i}^t вeктoрa $\omega_i^t (i = 1, 2, \dots, n_4, h_i = 1, \dots, H_i)$. Сooтвeтствeннo oбoзнaчим $\Delta \omega_{i,h_i}^t (i = 1, 2, \dots, n_4, h_i = 1, 2, \dots, H_i)$ кoтoрые бyдeм пpeдстaвлять кaк yпpaвляющиe пeрeмeнныe при oпpeдeлeнии в динaмикe oптимaльных кaрaктeристик ЭВХК эkoнoмичeскoгo рaйoнa.

Пo хoдy рeшeния этoй бoльшoй зaдaчи для кaждoгo нaбoрa знaчeний фaзoвых кooрдинaт ω^t и yпpaвляющих пeрeмeнных $\Delta \omega^t$ в кaждoм гoдy t рaссмaтривaeмoгo пeриoдa вpeмeни oпpeдeляeтся минимaльные гoдoвыe тeкyщиe зaтpaты ЭВХК при фиксирoвaннoй нaрoднoхoзяйствeннoй oтдaчe. При этoм рeшaются зaдaчи oптимизaции внyтpигoдoвых рeжимoв рaбoты oбъeктoв ЭВХК.

Для фoрмaлизaции этиx зaдaч ввeдeм oптимизирyющиe пeрeмeнныe двyx типoв:

1. Фaзoвыe кooрдинaты, кoтoрыe oписывaют сoстoяниe ЭВХК в кaждoм τ -oм интepвaлe ($\tau = 1, 2, \dots, \theta$) внyтpи t -oгo гoдa ($t = 1, 2, \dots, T$) плaнoвoгo пeриoдa;

а) для ТЭС и АЭС

$V_{i,1}^t(\tau)$ —кoличeствo тoпливa в тoпливнoм склaдe i -oй ТЭС в τ -oм $\tau = 1, 2, \dots, \theta$ интepвaлe внyтpи t -oгo ($t = 1, 2, \dots, T$) гoдa плaнoвoгo пeриoдa;

$V_{i,2}^t(\tau)$ —рaбoтaющий сoстaв aгpeгaтoв нa i -oй ТЭС или АЭС в τ -oм ($\tau = 1, 2, \dots, \theta$) интepвaлe внyтpи t -oгo ($t = 1, 2, \dots, T$) гoдa плaнoвoгo пeриoдa;

б) для ГЭС и ГАЭС

$V_{i,1}^t(\tau)$ —oбъeм вoды i -oм вoдoхрaнилищe ($i = \overline{1, n_1}, \overline{n_2+1, n_4}$) в τ -oм интepвaлe ($\tau = 1, 2, \dots, \theta$) внyтpи t -oгo гoдa ($t = 1, 2, \dots, T$) плaнoвoгo пeриoдa;

$V_{i,2}^t(\tau)$ —кoличeствo вoды, выпycкaeмoe из i -oгo ($i = \overline{1, n_1}, \overline{n_2+1, n_4}$) вoдoхрaнилищa для иpригaциoнных нyжд, с нaчaлa t -oгo гoдa ($t = 1, 2, \dots, T$) плaнoвoгo пeриoдa дo интepвaлa τ ($\tau = 1, 2, \dots, \theta$);

2. Упpaвляющиe пeрeмeнныe, кoтoрыe сoстaвляeт вeктoр $\bar{U}^t(\tau)$, кoмпoнeнтaми eгo являeтcя:

а) для ТЭС и АЭС

$U_{i,1}^t(\tau)$ —тeплoвaя нaгpyзкa i -oй ТЭС или АЭС ($i = \overline{n_1+1, n_2}$) в τ -oм интepвaлe ($\tau = 1, 2, \dots, \theta$) внyтpи t -oгo гoдa плaнoвoгo пeриoдa ($t = 1, 2, \dots, T$);

$U_{i,2}^t(\tau)$ —элeктpичeскaя нaгpyзкa i -oй ТЭС или АЭС ($i = \overline{n_1+1, n_2}$) в τ -oм интepвaлe ($\tau = 1, 2, \dots, \theta$) внyтpи t -oгo гoдa плaнoвoгo пeриoдa ($t = 1, 2, \dots, T$);

$U'_{i,3}(\tau)$ — количество поступающего топлива в склад i -ой ТЭС в τ -ом интервале ($\tau = 1, 2, \dots, \theta$) внутри t -го года планового периода ($t = 1, 2, \dots, T$);

б) для ГЭС и ГАЭС

$U'_{i,1}(\tau)$ — слив воды через i -ую плотину $i = (\overline{1, n_1}, \overline{n_3 + 1, n_4})$ в τ -ом интервале ($\tau = 1, 2, \dots, \theta$) внутри t -ого года планового периода ($t = 1, 2, \dots, T$);

$U'_{i,2}(\tau)$ — расход воды через i -ую ГЭС или ГАЭС $i = (\overline{1, n_1}, \overline{n_3 + 1, n_4})$ в τ -ом интервале ($\tau = 1, 2, \dots, \theta$) внутри t -ого года планового периода ($t = 1, 2, \dots, T$);

$U'_{i,3}(\tau)$ — попуск воды через ирригационный канал i -ого водохранилища ($i = \overline{1, n_1}, \overline{n_3 + 1, n_4}$) в τ -ом интервале ($\tau = 1, 2, \dots, \theta$) внутри t -ого года планового периода ($t = 1, 2, \dots, T$);

Введем также ниже приводимые неуправляемые переменные $q'_i(\tau)$ — естественный приток в i -ое водохранилище ($i = \overline{1, n_1}, \overline{n_3 + 1, n_4}$) в τ -ом интервале ($\tau = 1, 2, \dots, \theta$) внутри t -ого года планового периода ($t = 1, 2, \dots, T$);

$\delta'_i(\tau)$ — подземный приток i -ого водохранилища ($i = \overline{1, n_1}, \overline{n_3 + 1, n_4}$) в τ -ом интервале ($\tau = 1, 2, \dots, \theta$) внутри t -ого года планового периода ($t = 1, 2, \dots, T$);

$\delta'_i(\tau)$ — подземный отток из i -ого водохранилища ($i = \overline{1, n_1}, \overline{n_3 + 1, n_4}$) в τ -ом интервале ($\tau = 1, 2, \dots, \theta$) внутри t -ого года планового периода ($t = 1, 2, \dots, T$);

$\Pi'_i(\tau)$ — поверхностное испарение i -ого водохранилища ($i = \overline{1, n_1}, \overline{n_3 + 1, n_4}$) в τ -ом интервале ($\tau = 1, 2, \dots, \theta$) внутри t -ого года планового периода ($t = 1, 2, \dots, T$);

$O'_i(\tau)$ — осадки на поверхности i -ого водохранилища $i = \overline{1, n_1}, \overline{n_3 + 1, n_4}$ в τ -ом интервале ($\tau = 1, 2, \dots, \theta$) внутри t -ого года планового периода ($t = 1, 2, \dots, T$).

Таким образом, целью планирования в системе экономико-математических моделей оптимизации параметров объектов ЭВХК экономического района с учетом режимов их работы является выбор таких значений управляющих переменных $\Delta \bar{\omega}'_i$ ($t = 1, 2, \dots, T$) и $\bar{U}'_i(\tau)$ ($\tau = 1, 2, \dots, \theta$; $t = 1, 2, \dots, T$), при которых критерий оптимальности глобальной задачи принимает экстремальное значение. Так как по ходу решения задачи все варианты развития ЭВХК экономического района приводятся к сопоставимости по услугам, то в качестве критерия оптимальности можно принять минимум интегральных приведенных единовременных и текущих затрат за бесконечный период времени, т. е.

$$\sum_{t=1}^{\infty} \left[\sum_{i=n_1+1}^{n_4} K'_i(\omega'_i, \Delta \omega'_i) + \sum_{i=1}^{n_1} N'_i(\bar{\omega}'_i, \Delta \bar{\omega}'_i) \right]^t \rho \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $K'_i(\bar{\omega}'_i, \Delta \bar{\omega}'_i)$ — капиталовложения в i -ую ТЭС или комплексное

водохранилище ($i=\overline{n_1+1, n_2}$), зависящее от значений параметров сооружений объектов при приросте этих значений на величину $\Delta\bar{\omega}_i^t$;

$N_i^t(\bar{\omega}_i^t, \Delta\omega_i^t)$ — годовые эксплуатационные затраты i -ой ТЭС, АЭС или комплексного водохранилища ($i=\overline{1, n_2}$);

$\rho^t=(1-p)^{T-t}$ — коэффициент, учитывающий фактор времени за расчетный период $T-t$;

P — коэффициент, учитывающий фактор времени за 1 год.

В общую ЭВХК экономического района входят несколько водосток, на которых располагаются как существующие, так и предполагаемые ГЭС и ГАЭС. Поэтому необходимо из критерия (I) выделить частный критерий для оптимального проектирования объектов, находящихся на одном водотоке

$$\sum_{t=1}^T \left[\sum_{m=1}^{M_\mu} K_m^t(\bar{\omega}_m^t, \Delta\bar{\omega}_m^t) + \sum_{m=1}^{M_\mu} N_m^t(\bar{\omega}_m^t, \Delta\omega_m^t) \right] \rho \rightarrow \min \quad (2)$$

где $N_m^t(\bar{\omega}_m^t, \Delta\bar{\omega}_m^t)$ — годовые эксплуатационные издержки при оптимизации внутригодовых режимов работы водопользователей ЭВХК экономического района.

Для существующих ГЭС и ГАЭС, находящихся на этом водосток, т. е. входящих в подмножество $i=\overline{n_1+1, n_2}$, $K_i^t(\bar{\omega}_i^t, \Delta\bar{\omega}_i^t)=0$.

Изменение фазовых координат из года в год будет описываться следующими разностными уравнениями:

$$\omega_{m,h}^t = \omega_{m,h}^{t-1} + \Delta\omega_{m,h}^t \quad (m=\overline{1, 2, \dots, M_\mu}; h=\overline{0, 1, \dots, H_m}; t=\overline{1, 2, \dots, T}), \quad (3)$$

Приросты фазовых координат $\Delta\omega_{m,h}^t$ для каждого значения h ($h=\overline{0, 1, 2, \dots, H_m}$) своеобразны: среди них есть такие, которые выбираются раз навсегда, например, удаленность створа от истока реки — $\omega_{m,0}^t$, которая по ходу расчета изменяется, но после определения ее оптимального значения остается постоянной во время строительства и эксплуатации; другие изменяются как по ходу расчета, так и при реализации проекта из года в год, например мощность ГЭС — $\omega_{m,2}^t$, полезный объем водохранилища $\omega_{m,1}^t$ и т. д.

Указанные приросты фазовых координат $\omega_{m,h}^t$ имеют свои технические пределы, т. е.

$$(\Delta\omega_{m,h}^t) \min \leq \Delta\omega_{m,h}^t \leq (\Delta\omega_{m,h}^t) \max \quad (4)$$

$$(m=\overline{1, 2, \dots, M_\mu}, t=\overline{1, 2, \dots, T}, h=\overline{0, 1, \dots, H_m}).$$

Таким образом баланс мощностей энергетических установок, находящихся на μ -ом ($\mu=\overline{1, M_1}$) водотоке будет иметь вид:

$$\sum_{m=1}^{M_\mu} \omega_{m,2}^t = P_\mu^t \quad (5)$$

Изменения фазовых координат для определения оптимальных режимов в каждом внутригодовом интервале описываются следую-

щими разностными уравнениями:

$$V_{m1,1}^t(\tau) = V_{m1,1}^t(\tau-1) + q_m^t(\tau) + \delta_m^t(\tau) + O_m^t(\tau) - \sigma_m^t(\tau) - \Pi_m^t(\tau) - U_{m,1}^t(\tau) - U_{m,2}^t(\tau) - U_{m,3}^t(\tau) - U_{m,4}^t(\tau) + U_{m-1,1}^t(\tau) + U_{m-2,1}^t(\tau), \quad (6)$$

$$V_{m,2}^t(\tau) = \sum_{\lambda=1}^{\tau} U_{m,2}^t(\lambda); \quad (7)$$

$$V_{m,3}^t(\tau) = \sum_{\lambda=1}^{\tau} U_{m,3}^t(\lambda) \quad (8)$$

$$(m=1, 2, \dots, M_{\mu}, t=1, 2, \dots, T, \tau=1, 2, \dots, \Theta, \lambda=1, 2, \dots, \tau).$$

Компонентами вектора управляющих переменных имеют свои технические пределы:

$$(U_{m,h}^t(\tau))_{\min} \leq U_{m,h}^t(\tau) \leq (U_{m,h}^t(\tau))_{\max} \quad (9)$$

$$(m=1, 2, \dots, M_{\mu}, t=1, 2, \dots, T, h=0, 1, \dots, H_m).$$

В каждом временном интервале τ ($\tau=1, 2, \dots, \Theta$) внутри t -ого года ($t=1, 2, \dots, T$) планового периода суммарная электрическая нагрузка каскада будет равна:

$$\sum_{m=1}^{M_{\mu}} N_{\Gamma}[U_{m,2}^t(\tau)] = N_{\mu}^t(\tau) \quad \tau=1, 2, \dots, \Theta. \quad (10)$$

Выражения (2 ÷ 10) являются экономико—математической моделью определения оптимальных параметров энерговодохозяйственных объектов, находящихся на μ -ом водотоке ($\mu=1, 2, \dots, \mu_1$) которые являются подсистемами ЭВХК экономического района.

Для тепловой подсистемы из общего критерия оптимальности (1) выделим частный критерий:

$$\sum_{i=1}^{\infty} \left[\sum_{i=n_1+2}^n K_i^t(\bar{\omega}_i^t, \Delta \bar{\omega}_i^t) + \sum_{i=n_1+1}^{n_2} N_i^t(\bar{\omega}_i^t, \Delta \bar{\omega}_i^t) \right] \rho^t \rightarrow \min. \quad (11)$$

Изменение фазовых координат из года в год будет описываться следующими разностными уравнениями:

$$\sum_{i=1}^{\infty} \left[\sum_{i=n_1+2}^{n_2} K_i^t(\omega_i^t, \Delta \omega_i^t) + \sum_{i=n_1+1}^{n_2} N_i^t(\bar{\omega}_i^t, \Delta \bar{\omega}_i^t) \right] \rho \rightarrow \min$$

$$\omega_{i,h}^t \leq \omega_{i,h}^t + \Delta \omega_{i,h}^t \quad (12)$$

$$(i=\overline{n_2+1, n_3}, h=0, 1, \dots, H_i; t=1, 2, \dots, T).$$

Здесь также фазовые координаты формируются своеобразно; среди них есть такие, которые на каждой итерации расчета остаются неизменными, например местонахождение (координаты) вводимой (новой) ТЭС или АЭС— $\omega_{i,0}^t$ (после определения их оптимальных значений, они остаются постоянными во время строительства и эксплуатации), а другие изменяются как по ходу расчета, так и при реализации проекта из года в год (например, электрические и тепловые мощности i -ой ТЭС или АЭС— $\omega_{i,2}^t$ и $\omega_{i,3}^t$).

Приоритеты фазовых координат имеют свои технические пределы
т. е.

$$(\Delta \omega_{i,h}^t)_{\min} \leq \Delta \omega_{i,h}^t \leq (\Delta \omega_{i,h}^t)_{\max} \quad (13)$$

$$(i = \overline{n_2+1, n_3}, \quad h=0, 1, \dots, H_i, \quad t=1, 2, \dots, T)$$

Тогда баланс мощностей тепловой подсистемы будет иметь вид:

$$\sum_{i=n_1+1}^{n_3} \omega_{i,2}^t = P_{\text{тпс}}^t \quad (14)$$

Изменение фазовых координат для определения оптимальных режимов в каждом внутригодовом интервале описывается следующими разностными уравнениями:

$$V_{i,1}^t(\tau) = V_{i,1}^t(\tau-1) - \Delta V_{i,1}^t [U_{i,1}^t(\tau), U_{i,2}^t(\tau)] + U_{i,3}^t(\tau) - [I_i] V_{i,1}^t(\tau-1). \quad (15)$$

$$(i = \overline{n_1+1, n_3}, \quad t=1, 2, \dots, T, \quad \tau=1, 2, \dots, \theta).$$

Компоненты вектора управляющих переменных имеют свои технические пределы:

$$(U_{i,h}^t(\tau))_{\min} \leq U_{i,h}^t(\tau) \leq (U_{i,h}^t(\tau))_{\max} \quad (16)$$

$$(i = \overline{n_1+1, n_3}, \quad h=0, 1, \dots, H_i, \quad t=1, 2, \dots, T, \quad \tau=1, \dots, \theta).$$

В каждом временном интервале $\tau (\tau=1, 2, \dots, \theta)$ внутри t -ого года ($t=1, 2, \dots, T$) планового периода суммарная электрическая нагрузка тепловой подсистемы составит:

$$\sum_{i=n_1+1}^{n_3} U_{i,2}^t(\tau) = N_{\text{тпс}}^t(\tau) \quad \tau=1, 2, \dots, \theta \quad (17)$$

Выражения (11÷18) являются экономико-математическими моделями определения оптимальных параметров ТЭС и АЭС, входящих в топливную подсистему.

Реализацию описанных выше задач предполагается осуществить в следующей последовательности.

В каждом году планового периода максимальная нагрузка энергосистемы делится на две части—на тепловую подсистему и на ГЭС и ГАЭС энерговодохозяйственных комплексов. Последняя ориентировочно распределяется на отдельные каскады ГЭС и ГАЭС. Для этих значений мощностей каскада оптимизируются параметры энерговодохозяйственных объектов каждого каскада в отдельности.

Исходя из результатов решений этих подзадач определяются градиенты локальных критериев оптимальности по определяемым параметрам, связывающим данный каскад с общей системой (по мощности каскада, по объемам переброски и т. д.). Соответственно этим значениям градиентов определяются направления обобщенных параметров и посредством изменения приоритетов фазовых координат определяется новое распределение мощностей системы между тепловыми

подсистемами и отдельными каскадами. После этого выполняется следующая итерация расчета аналогичным способом и так далее, до тех пор, пока все градиенты окажутся равными нулю.

Ս. Մ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, Գ. Դ. ՀԱԿՈԲՅԱՆ

ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՇՐՋԱՆԻ ԷՆԵՐԳՈՋՐԱՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼԻՐԻ
ՕՐՅԵԿՏՆԵՐԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ՕՊՏԻՄԱԼԱՅՈՒՄԸ՝ ՆՐԱՆՑ
ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ՌԵԺԻՄՆԵՐԻ ՀԱՇՎԱՌՄԱՄԲ

Ամփոփում

Տնտեսական շրջանի էներգոջրատնտեսական համալիրների զարգացման պլանավորման ժամանակ առաջ են գալիս նոր պահանջներ էներգոջրատնտեսական օբեկտների նախագծման մեթոդների նկատմամբ: Այստեղ անհրաժեշտ է հիշյալ օբեկտների պարամետրերի օպտիմալացման էկոնոմիկամաթեմատիկական մոդելների համալիրի մշակման կոմպլեքսային մոտեցում:

Այդ տիպի համալիրների զարգացման խնդիրների ժամանակ որոշվում են օբեկտների ամենապատակահարմար տեղաբաշխումը, սարքավորումների օպտիմալ հզորությունները, վառելիքի պահեստների և ջրամբարների տարողությունները, ինչպես նաև ոռոգման ջրանցքների թողունակությունները և այլն: Ընդ որում՝ համալիրի ստեղծման ընդհանուր ժողտնտեսական արդյունավետությունը որոշվում է էներգետիկական սարքավորումների հզորություններով, ոռոգման ջրանցքների թողունակությամբ և այլ ռեժիմային պարամետրերով:

Այս հոդվածում առաջարկված է էկոնոմիկամաթեմատիկական մոդելների կոմպլեքս, որը, ըստ մեր կարծիքի, բավականին օբեկտիվ կերպով նկարագրում է տնտեսական շրջանի էներգոջրատնտեսական կոմպլեքսի ստեղծման և զարգացման պրոցեսը: