

УДК 330.115(47).

ЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ
ВВОДА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ В РАЙОНАХ
СТРОИТЕЛЬСТВА ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

В.Д.Маршак

Развитие энергетической базы является, как известно, основой дальнейшего роста производительных сил. Именно поэтому в нашей стране большое внимание уделяется строительству электростанций и, в первую очередь, гидроэлектростанций, как источников производства энергии. Как правило, строительство ГЭС ведется в районах, которые располагают природными и экономическими условиями для образования там крупных промышленных районов с энергоемким производством (металлургическим, горнодобывающим, химическим и т.п.).

Поскольку строительство ГЭС не является самоцелью, а лишь средством развития других отраслей промышленности, постольку и планирование сроков строительства ГЭС должно определяться, исходя из условий комплексного развития всего промышленного района. Следовательно, если подходить к определению сроков строительства ГЭС с точки зрения общего развития нового промышленного комплекса, то необходимо определять эти сроки, исходя из условий оптимального развития промышленного комплекса в целом. В районах Сибири, где ведется интенсивное развитие новых промышленных комплексов и, следовательно, создание новых мощных ГЭС, необходимость комплексного планирования диктуется и тем, что ГЭС строятся в районах со значительными лесными ресурсами. В данном случае установление объемов лесосвозки в зонах будущих водохранилищ по годам и сроков затопления водохранилища необходимо определять, исходя из достижения суммарного эффекта от всего про-

мышленного комплекса в целом.

Рассматриваемая модель оптимального планирования ввода производственных мощностей в создаваемом промышленном комплексе является обобщенной моделью, в которой каждый из отдельных видов производства описывается определенным технологическим способом (затраты-выпуск). Такой подход не позволяет выбрать в результате решения ту или иную организационно-технологическую форму определенного производства. Но эта цель и не преследуется в данном случае. На основе предлагаемой модели предполагается только определение режимов ввода в действие отдельных производств, подчиненных общему критерию для всего комплекса в целом. Предполагается, что проектными организациями разработаны и доведены до строительных организаций наиболее технологически совершенные проекты создания отдельных производств всего промышленного комплекса. Поэтому в данной модели под варианностью будет пониматься наличие различных вариантов во времени ввода в строй различных объектов промышленного комплекса. Очевидно, что в том случае, когда проектные организации доводят до строительных организаций несколько возможных технологических вариантов создания отдельных производств, вариантность в модели будет достигаться и путем задания различных технологических способов по каждому из производств.

В предлагаемой модели технологические способы не описывают функционирование каждого из возможных лесопромхозов или промышленных производств в отдельности, а отражают возможное развитие лесосводки и промышленного производства в целом. Отметим, что по лесодобыче различаются способы, описывающие функционирование существующих и вновь создаваемых производственных мощностей.

Одним из существенных моментов составления данной модели является определение составных частей заданного расчетного периода T , т.е. числа лет, в течение которых будет определяться оптимальный режим ввода производственных мощностей в районе строительства ГЭС.

Как правило, момент утверждения выбранного варианта строительства ГЭС отстоит от момента начала строительства на некоторое число лет Δt . В течение данного отрезка времени известна зона затопления и, следовательно, лесодобывающие организации могут приступить к вырубке леса в зоне будущего водохра-

нилица. С момента времени $\Delta t + 1$ начинается строительство ГЭС. Создание ГЭС в данной модели возможно в некотором заданном интервале времени: от года $\Delta t + 1$ до года $\Delta t + t_2$, где t_2 - число лет, в течение которых может быть создана ГЭС по принятому варианту с максимальным числом лет строительства. При постановке задачи учитывается и период t_1 - технологически обоснованный минимальный возможный срок создания ГЭС. Следовательно, возможно задание различных вариантов по сроку ввода в строй ГЭС от t_1 до t_2 . Если создание энергопотребляющего производства начинается с момента t_2 , то расчетный период для всей модели составит $T = \Delta t + t_2 + t_3$, где t_3 - число лет, в течение которых может быть создано энергопотребляющее производство по принятому варианту с максимальным числом лет строительства. Если создание промышленного производства в районе строительства ГЭС начинается с момента $\hat{t}_3 < t_2$, то, естественно, расчетный период модели уменьшается на число лет, равное \hat{t}_3 . Здесь \hat{t}_3 - число лет строительства промышленных объектов, совершаемого одновременно со строительством ГЭС. В этом случае

$$T = \Delta t + t_2 + t_3 - \hat{t}_3.$$

Остановимся на рассмотрении стыковки различных блоков модели (лесодобычи, строительства ГЭС, создания и функционирования промышленных объектов). Блок способов, описывающих функционирование лесодобывающих предприятий, стыкуется с блоком способов, описывающих варианты создания и строительства ГЭС, посредством общего ограничения по объему лесных ресурсов в зоне затопления - L . Способы обоих блоков потребляют ресурс L . Способы лесодобычи используют ресурс L как сырье, а способы создания ГЭС "используют" его как зону затопления. В зависимости от важности продукции первого и второго блоков для функционала модели будет выбираться соотношение в использовании ресурса на лесодобычу и на затопление. Блок способов, описывающих создание и функционирование ГЭС, согласуется с блоком способов создания и функционирования промышленного производства посредством общего ограничения по электроэнергии. Электроэнергия, выступающая как продукция второго блока, является в то же время ресурсом для способов третьего блока. Следовательно, определение размера L , используемого способами лесодобычи, будет определяться, в конечном счете, ценностью продукции лесодобычи относительно продукции ГЭС и промышленного производства для функционала модели.

Рассмотрим технологические способы, описывающие создание и функционирование производственных мощностей лесодобывающего, энергетического и промышленного блоков. Данная модель предназначена для определения режимов создания и ввода в строй относительно друг друга объектов в районе строительства ГЭС, а не для определения оперативных планов работ на создаваемых объектах, поэтому технологические способы описывают функционирование и создание данных производственных объектов в обобщенных показателях.

Обозначим через $\mu (\mu=1,2,3)$ номер блока модели (1 - лесодобычи, 2 - энергетический, 3 - промышленный), j - номер способа в блоке μ , $j = 1, \dots, S$.

Введем обозначения:

f_j - количество основных фондов, имевшихся к началу расчетного периода, необходимое для производства единицы продукции блока лесодобычи ($\mu=1$) способом j ($j = 1, \dots, S'$);

$l_j^{\mu,t}$ - количество ресурса L , потребляемое в год t при единичной интенсивности применения способа j блока μ ;
 $\mu = 1, 2$; $j = 1, \dots, S$; $t = 1, \dots, t_2$;

$u_j^{\mu,t}$ - величина текущих затрат на производство единицы продукции блока μ способом j в год t , $\mu=1, \dots, 3$; $j=1, \dots, S$; $t=1, \dots, T$;

$w_j^{\mu,t}$ - количество трудовых ресурсов, необходимое для производства единицы продукции блока μ способом j в год t ;

$K_j^{\mu,t}$ - объем капиталовложений, необходимый для ввода в блок μ ($\mu=1,2,3$) j -го варианта создания производственных мощностей (для $\mu=1$ $j=S'+1, \dots, S$; для $\mu=2,3$ $j=1, \dots, S$);

$c_j^{\mu,t}$ - количество продукции блока μ ($\mu=1,2,3$), производимое в год t способом j при единичной интенсивности его применения;

$d_j^{\mu,t}$ - количество электроэнергии, необходимое для производства в год t единицы продукции способом j блока промышленного производства, $t = 1, \dots, T$; $j = 1, \dots, S$;

L - объем ресурса леса в зоне будущего водохранилища;

K^μ - заданный объем капиталовложений на ввод производственных мощностей блока μ .

В данной постановке модели до решения неизвестны конкретные сроки начала и окончания строительства объектов. Поэтому нельзя задавать годовые размеры текущих затрат и затрат трудовых ресурсов на функционирование построенных производственных мощностей. Данные показатели суммарных затрат на функционирование производственных объектов в каждом расчетном году определяются в результате решения.

Пусть $a_j^{\mu, t}$ - технологический способ j , описывающий создание и функционирование в год t производственных мощностей блока μ . Тогда в принятых обозначениях можно записать технологические способы, описывающие функционирование производственных мощностей блока μ .

1. Технологические способы, описывающие функционирование существующих к началу планового периода производственных мощностей лесодобычи:

$$a_j^{1, t} = (-f_j^{1, t}, -l_j^{1, t}, -u_j^{1, t}, -w_j^{1, t}, +c_j^{1, t}, \dots, -l_j^{1, t_1}, -u_j^{1, t_1}, -w_j^{1, t_1}, +c_j^{1, t_1}, \dots, -l_j^{1, t_2}, -u_j^{1, t_2}, -w_j^{1, t_2}, +c_j^{1, t_2}), j=1, \dots, S; t=1, \dots, t_1, t_1+1, \dots, t_2.$$

2. Технологические способы создания и функционирования новых мощностей по лесодобыче:

$$a_j^{2, t} = (-k_j^{2, t}, -\kappa_j^{2, t}, -l_j^{2, t}, -u_j^{2, t}, -w_j^{2, t}, +c_j^{2, t}, \dots, -l_j^{2, t_1}, -u_j^{2, t_1}, -w_j^{2, t_1}, +c_j^{2, t_1}, \dots, -l_j^{2, t_2}, -u_j^{2, t_2}, -w_j^{2, t_2}, +c_j^{2, t_2}).$$

Здесь τ_1 - число лет создания новых мощностей лесодобычи (леспромхозов), $j=S+1, \dots, S$; $t=1, \dots, t_1, t_1+1, \dots, t_2$.

3. Технологические способы создания и функционирования ГЭС:

$$a_j^{2, t} = (-l_j^{2, \Delta t+1}, -k_j^{2, \Delta t+1}, -l_j^{2, t_1+1}, -\kappa_j^{2, t_1+1}, -u_j^{2, t_1+1}, -w_j^{2, t_1+1}, +c_j^{2, t_1+1}, \dots, -u_j^{2, T}, -w_j^{2, T}, +c_j^{2, T}); j=1, \dots, S; t=\Delta t+1, \dots, t_1, t_1+1, \dots, t_2, t_2+1, \dots, T.$$

4. Технологические способы создания и функционирования энергопотребляющего промышленного производства:

$$a_j^{3, t} = (-k_j^{3, t}, \dots, -k_j^{3, t+\tau_2}, -d_j^{3, t+\tau_2}, -u_j^{3, t+\tau_2}, -w_j^{3, t+\tau_2}, +c_j^{3, t+\tau_2}, \dots, -d_j^{3, T}, -u_j^{3, T}, -w_j^{3, T}, +c_j^{3, T}); j=1, \dots, S; t=t_1+1, \dots, t_2, t_2+1, \dots, T.$$

Здесь τ_2 - число лет создания промышленного энергопотребляющего производства в районе строительства ГЭС.

Отметим, что коэффициенты $l_j^{2, t}$, указывающие на количество затопленного ресурса L в год t при использовании способа j с единичной интенсивностью (блок способов энергетики),

определяются отдельно для каждого способа из условий:

$$a) \sum_t c_j^{2,t} x_j^{2,t} = L \quad \text{т.е. при любом варианте создания}$$

ГЭС ресурс леса затрачивается полностью, если его не использовали способы первого блока (лесодобычи).

$$b) x_{j(max)}^2 = \frac{K^2}{\sum_t c_j^{2,t}}, \quad \text{здесь } x_{j(max)}^2 - \text{максимальная возможная}$$

интенсивность использования j -го способа создания ГЭС, K^2 - ресурс капиталовложений, выделенный на создание ГЭС. Это означает, что затопление леса в зоне водохранилища начинается не с момента строительства ГЭС, а с момента заполнения водохранилища.

Кроме описанных выше технологических способов, задаются и вспомогательные двухкомпонентные способы типа "транспортных" - $(-I, +I)$, которые служат для распределения общих ограничений на весь плановый период по L и K^μ по годам расчетного периода. Данные распределительные способы, связанные с отдельным ограничением, составляют отдельные блоки способов от $\mu = 4$ до $\mu = 7$.

Сформулируем модель как задачу линейного программирования. Требуется определить вектор интенсивностей $X = \{x_j^\mu\}$, $\mu = 1, \dots, 7$; $j = 1, \dots, S$ при условии, что:

$$1. \sum_{j=1}^S f_j' x_j' \leq F - \text{использование существующих мощностей по лесодобыче ограничено их объемом, имеющимся к началу планового периода.}$$

2. $\sum_{j=1}^S x_j^4 \leq L$ - использование ресурса леса не должно превосходить заданного объема с учетом возможного заполнения водохранилища.

$$3. \sum_{j=1}^S x_j^\mu \leq K^{\mu-4} \quad (\mu = 5, 6, 7) - \text{использование за все годы}$$

планового периода выделенного фонда капиталовложений для ввода новых производственных мощностей в блоках 1, 2, 3 - не должно превышать заданного объема по каждому из блоков.

$$4. \sum_{j=1}^S x_j^2 c_j^{2,t} \geq \sum_{j=1}^S x_j^3 c_j^{3,t} - \text{ограничения, указывающие, что про}$$

изводство электроэнергии в год t должно быть не меньше

потребления ее в промышленном производстве в том же году,

$$t = t_1 + \tau_1, t_1 + \tau_2 + t, \dots, T.$$

$$5. \sum_{t=t_1}^{t_2} \sum_{j=1}^S x_j^t c_j^{t,t} p^{t,t} + \sum_{t=t_1}^T \left(\sum_{j=1}^S x_j^t c_j^{t,t} - \sum_{j=1}^S x_j^t d_j^{t,t} \right) p^{t,t} + \sum_{t=t_1}^T x_j^t c_j^{t,t} p^{t,t} \rightarrow \max,$$

т.е. достигает максимума суммарная стоимость конечной продукции, выпускаемой в районе строительства ГЭС за T лет планового периода.

Здесь $\rho^{\mu,t}$ - коэффициенты линейной формы, с которыми учитывается продукция блока μ ($\mu = 1, 2, 3$), производимая в год t планового периода. Этими ценами могут быть либо оценки, взятые из решения задачи оптимального развития экономического района, в который входит создаваемый комплекс, народного хозяйства в целом (т.е. из системы более высокого порядка), либо этими ценами могут быть, например, цены мирового рынка на соответствующую продукцию.

Соединение различных блоков (лесодобычи, ГЭС и промышленного производства) в единую взаимосвязанную задачу в предлагаемом подходе происходит по двум направлениям. Во-первых, по технологическому направлению - строительство ГЭС определяет размер ресурса лесодобычи в период от $t = \Delta t$ до $t = t_2$, что отражено в неравенстве 2; создание и функционирование промышленного производства в год t обуславливается выработкой электроэнергии в том же году, и, следовательно, время начала и окончания строительства промышленных объектов определяется выбранным сроком строительства ГЭС, что отражено в неравенстве 4. Во-вторых, связь различных блоков модели осуществляется по линии критерия оптимальности, который отражает выбор наиболее выгодного набора продукции.

Определение вектора X в результате решения сформулированной выше задачи означает, что, исходя из условия достижения суммарной эффективности от промышленного комплекса при ограничениях 1 - 4, будут определены:

1. график ввода в строй различных объектов создаваемого промышленного комплекса;
2. объем и срок лесодобычи в зоне будущего водохранилища;
3. распределение по годам общего объема капиталовложений, выделенных на лесодобычу, строительство ГЭС и создание промышленного производства.

На основе расчетов рассматриваемой модели, исходя из обоб-

щенного (агрегированного) представления ее, нельзя получить конкретные текущие планы для различных производств создаваемого промышленного комплекса. Расчет детальных текущих планов должен происходить при использовании отдельных задач по лесодобыче, строительству ГЭС и созданию промышленных предприятий. В этом случае общая модель, рассматриваемая в данной работе, будет определять вектор ограничений для перечисленных отдельных задач по каждому периоду их расчета.

Поступила в редакцию
10.У1. 1970 г.