

ОПТИМИЗАЦИЯ БАЛАНСОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И МОЩНОСТИ С ФОРЭМ С ПОЗИЦИИ ДЕФИЦИТНОГО АО-ЭНЕРГО

А.В. Осьминушкин, О.В. Смирнов, Б.В. Папков

Резервы экономии затрат дефицитных региональных энергокомпаний по обеспечению спроса потребителей на электрическую энергию (ЭЭ) и мощность достаточно велики. Одним из главных направлений экономии является оптимизация балансов ЭЭ и мощности. Оптимизация балансов проводится в различных временных рамках: на этапах долгосрочного (месяц-год), краткосрочного (1-10 дней) планирования и оперативного управления. При формировании плановых балансов решаются задачи расчета потребления ЭЭ и мощности (электропотребления - ЭП), определения оптимальной величины собственной генерации ЭЭ и мощности, согласования балансов ЭЭ и мощности. При оперативном управлении оптимизируется собственная генерация энергосистемы.

Сложившийся к настоящему времени регулируемый ФОРЭМ характеризуется следующими особенностями: а) значительной заблаговременностью формирования плановых балансов ЭЭ и мощности; б) субъектами рынка оплачиваются отклонения фактических объемов покупки ЭЭ и мощности от договорных. В соответствии с [1] планирование величин баланса (потребления, генерации и покупки ЭЭ и мощности) в АО-энерго производится с упреждением 90-75, 120-105, 150-135 суток до начала соответственно 1, 2 и 3-го месяцев квартала.

Согласно [2] АО-энерго оплачивают договорную (заявленную) мощность с учетом резерва $N_{рез}$ в размере 6 % (от договорного объема потребления мощности). Стоимостная оценка ΔC_m отклонений ΔN фактической покупки мощности от договорного объема $N_{дог}$ дефицитных АО-энерго по их инициативе рассчитывается за отчетный час каждого рабочего дня месяца по выражениям:

$$\begin{aligned} \Delta N \leq 0 : \Delta C_m &= 0 ; 0 < \Delta N \leq N_{рез} : \Delta C_m = \frac{T_m + T_m^{нб}}{2} \cdot \Delta N ; \\ \Delta N > N_{рез} : \Delta C_m &= \frac{T_m + T_m^{нб}}{2} \cdot N_{рез} + T_m^{нб} \cdot (\Delta N - N_{рез}), \end{aligned} \quad (1)$$

где T_m , $T_m^{нб}$ – основной и наибольший тарифы на мощность с ФОРЭМ.

В соответствии с [3] стоимость $\Delta C_э$ отклонений ΔW фактической покупки э/э от договорного объема $W_{дог}$ определяется из соотношений:

$$\Delta W \leq 0 : \Delta C_э = \{ \max(T_э^i - T_{топл}^i) \} \cdot \Delta W ; \Delta W > 0 : \Delta C_э = T_э^{нб} \cdot \Delta W , \quad (2)$$

где $T_э^{нб}$ – наибольший тариф на ЭЭ в данной энергозоне ФОРЭМ; $(T_э^i - T_{топл}^i)$ – разность между ценой и топливной составляющей себестоимости производства э/э для i -го поставщика данной энергозоны ФОРЭМ.

Для решения различных задач при оптимизации балансов необходимо знать характеристики качества прогнозирования ЭП. Результаты исследований для крупной дефицитной энергосистемы за период 1996-2002 гг. показывают, что случайные величины ошибки прогнозирования потребления ЭЭ и мощности можно считать подчиняющимися нормальному распределению. Полученные характеристики качества прогнозирования приведены в таблице.

Из-за меньшей стоимости отклонений мощности и ЭЭ ниже значений АО-энерго выгодно завышать договорные объемы $N_{дог}$, $W_{дог}$. Приняв в качестве исходной информацию о среднеквадратических ошибках прогноза ЭП, условия расчета ΔC_m , $\Delta C_э$

Характеристики качества прогнозирования ЭП за 1996-2002 гг., % от $W_{дог}$, $N_{дог}$

Параметр	За весь период			За последние 2 года		
	количество наблюдений	среднее значение	среднеквадратическое отклонение	количество наблюдений	среднее значение	среднеквадратическое отклонение
Электроэнергия	82	-2,11	7,07	24	-0,56	3,42
Мощность	1760	-9,46	7,94	502	-7,46	5,08

и применяемые тарифы, решим задачу в следующей постановке: определить необходимое завышение $N_{дог}$, $W_{дог}$ относительно среднего ожидаемого значения (прогноза), которому соответствуют наименьшие дополнительные затраты АО-энерго (ΔC_m , ΔC_ε , излишняя плата за недоиспользованную величину $N_{дог}$).

$$\text{Условие оптимизационной задачи: } ZM[F(X-a)] \rightarrow \min, a \in \Omega, \quad (3)$$

где $M[F(X-a)]$ – математическое ожидание функции стоимости отклонений F (определяется выражениями (1), (2) для случайной величины отклонения фактического объема ЭП от договорного значения $(X-a)$); X – случайная величина ошибки прогнозирования с нормальным законом распределения; a – искомая величина завышения договорного объема ЭП от среднеожидаемого.

В соответствии с найденными характеристиками нормального распределения методом Монте-Карло было разыграно 5 тыс. наблюдений случайной величины X и определены среднемесячные дополнительные затраты для различных вариантов a (рис.1).

Кривые, соответствующие разным месяцам, имеют сдвиг, обусловленный изменяющимися соотношениями значений потребления и покупки. Они имеют пологий минимум. Оптимальное завышение по мощности составляет около 1,5 %, по ЭЭ – 5. При этом экономия затрат при переходе от нулевого завышения к оптимальному для мощности составляет примерно 0,2 %, для ЭЭ – 2-3. Отличие по э/э и мощности связано с разным для них соотношением стоимости положительных и отрицательных отклонений. При худшем качестве прогноза ЭП экономия затрат выше (рис.2).

Для АО-энерго при расчете оптимальной величины завышения должны быть учтены интересы по формированию тарифов для собственных потребителей, поскольку при расчете розничных тарифов и при формировании договорных объемов ЭП на ФОРЭМ используются одни и те же балансы.

Из-за отклонения фактического объема полезного отпуска от величины, заложенной в балансе при назначении тарифов на розничном рынке, у АО-энерго изменяется выручка. Если ЭП (и, соответственно, полезный отпуск) не завышаются, то снижение и увеличение выручки равновероятны, а среднее значение изменения выручки относительно плановой равно нулю. Когда используется завышение величины ЭП, фактический полезный отпуск в среднем оказывается ниже принятого в расчете тарифов и АО-энерго несет убытки.

Для АО-энерго снижение выручки должно быть учтено при расчете оптимального завышения $W_{дог}$, $N_{дог}$. Величина изменения выручки в зависимости от отклонения рассчитывается по выражениям:

$$\begin{aligned} \Delta V_m &= (N_{ф. омн.} - N_{пл. омн.}) * T_{м омн.} = \sum d_{mi} * (N_{ф} - N_{дог}) * T_{mi омн.}; \\ \Delta V_\varepsilon &= (W_{ф. омн.} - W_{пл. омн.}) * T_{\varepsilon омн.} = \sum d_{\varepsilon i} * (W_{ф} - W_{дог}) * T_{\varepsilon i омн.}, \end{aligned} \quad (4)$$

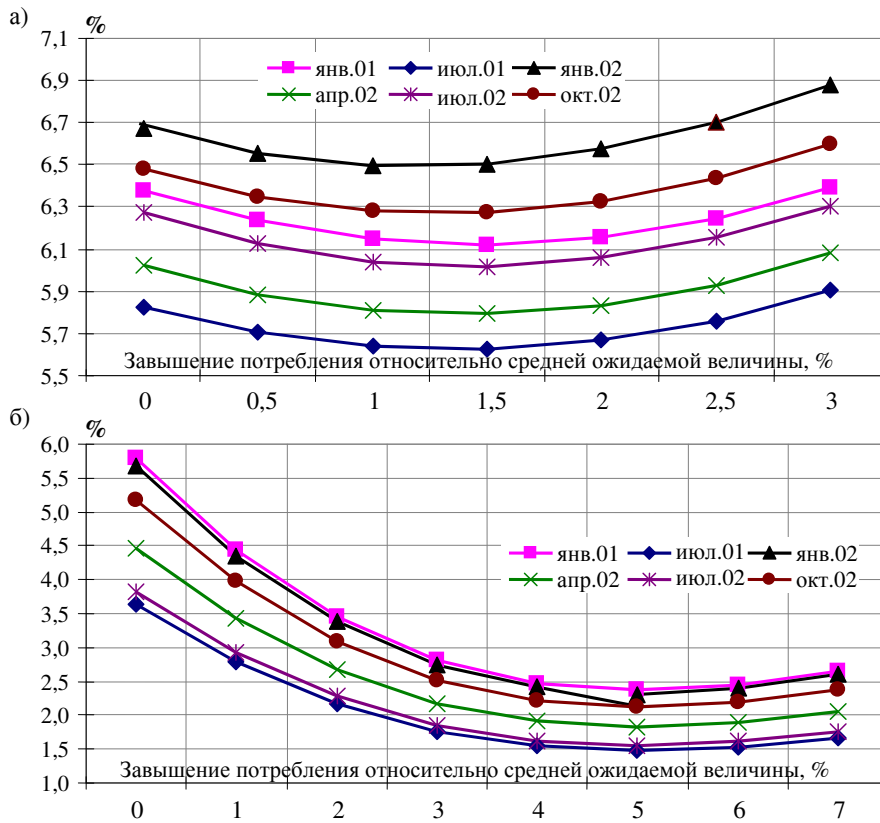


Рис. 1. Дополнительные затраты в % к величине платы за договорный объем покупки с ФОРЭМ: а - мощность, б - электроэнергия.

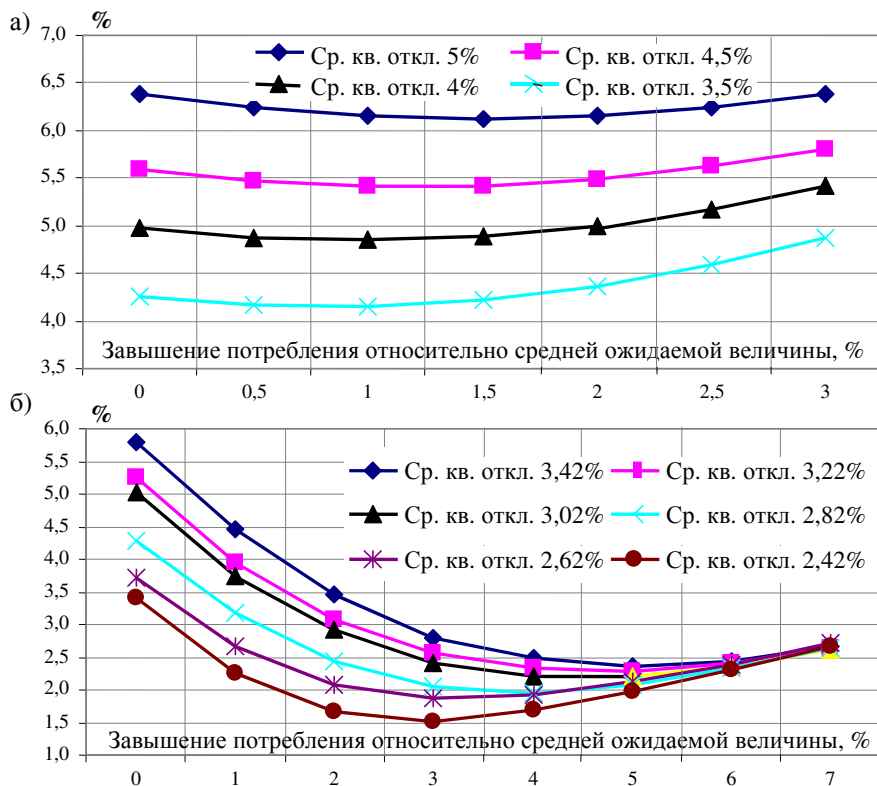


Рис. 2. Дополнительные затраты в зависимости от величины среднеквадратического отклонения ошибок прогнозирования: а - мощность, б - электроэнергия.

где $N_{ф. omn.}$ – фактически заявленная мощность потребителей, производящих оплату по двухставочному тарифу; $N_{пл. omn.}$ – план заявленной мощности потребителей, производящих оплату по двухставочному тарифу; $W_{ф. omn.}$ – фактический полезный отпуск ЭЭ; $W_{пл. omn.}$ – плановый полезный отпуск ЭЭ; $T_{м omn.}, T_{э omn.}$ – средняя ставка за мощность и тариф (ставка) на ЭЭ для собственных потребителей; $N_{ф}, W_{ф}$ – фактические потребление мощности и ЭЭ энергосистемы; $d_{mi}, d_{эi}$ – доля отпуска мощности и ЭЭ от суммарного ЭП потребителям i -й тарифной группы; $T_{mi omn.}, T_{эi omn.}$ – ставка за мощность и тариф (ставка) на ЭЭ для потребителей i -й тарифной группы.

Алгебраическую сумму средних за месяц дополнительных затрат и среднего за месяц снижения выручки назовем финансовыми потерями. Расчет финансовых потерь по мощности дает следующие результаты: минимум финансовых потерь для января, апреля, октября достигается при отрицательном завышении; для июля минимума не существует, а при отрицательных завышениях более 11 % финансовые потери становятся отрицательными. Это означает, что занижением ЭП достигается дополнительная выгода.

Однако, в соответствии с [4], дополнительные и выпадающие доходы базового периода регулирования, последовавшие из-за отклонения фактических значений составляющих баланса от принятых при расчете тарифов, должны быть учтены регулирующим органом при назначении тарифов в будущем периоде регулирования. Таким образом, к финансовым потерям или дополнительным доходам, связанным с изменением полезного отпуска, будет относиться только часть денежных средств в размере средней величины доходности проектов на рынке инвестиций, которая приближенно может считаться равной средней величине годового процента по вкладам в банках.

Расчет в данных условиях приводит к оптимальным величинам завышения ЭП по мощности приблизительно 0,5 % и по ЭЭ – 3. Величины снижения выручки при данных завышениях составляют около 2 и 33 % от суммарных финансовых потерь соответственно для мощности и для ЭЭ.

Для АО-энерго, имеющего собственные электрические станции, одним из этапов оптимизации баланса является определение оптимального договорного объема выработки ЭЭ и оптимальной величины рабочей мощности электростанций для отчетных (контрольных) часов. Экономически выгодный объем генерации мощности (нагрузка) электростанций АО-энерго определяется из сравнения стоимости покупки ЭЭ на оптовом рынке T_3 и характеристик относительного прироста стоимости (ХОПС) расходуемого топлива на собственных станциях $c_{ген}$ (рис. 3). Объем выработки ЭЭ на собственных станциях пересчитывается из найденных величин оптимальной нагрузки отдельно: для отчетного часа рабочих дней месяца и для остальных часов рабочих выходных и праздничных дней.

При планировании баланса основная проблема в использовании указанного подхода оптимизации собственной генерации состоит в необходимости получения достоверных ХОПС, так как они зависят от множества факторов (состав оборудования, тепловой режим турбин, характеристики топлива, цена топлива $C_{топл}$ и т. д.). Дополнительную трудность представляет учет всевозможных технических ограничений и потерь ЭЭ и мощности в сети.

При переходе от регулируемого к конкурентному оптовому рынку задача оптимизации балансов не потеряет своей актуальности, так как и в этом случае останется балансирующий рынок с оплатой отклонений покупки ЭЭ и мощности с оптового рынка от заявленных значений. Уменьшится временной лаг заблаговременности формирования балансов, по которым производятся денежные расчеты и увеличится вариация стоимости единиц отклонений в соответствии с конъюнктурой рынка.

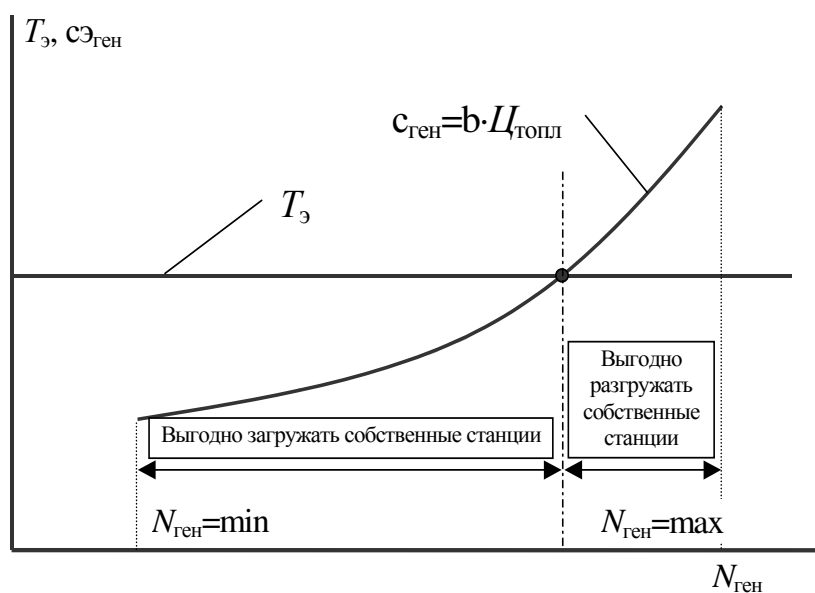


Рис.3. Качественная характеристика относительных приростов стоимости топлива собственных электростанций и тарифов на покупку электроэнергии с оптового рынка.

Выводы

1. Оптимальная для АО-энерго величина завышения электропотребления при формировании балансов на ФОРЭМ определяется характеристиками качества прогнозирования электропотребления и стоимостью отклонений фактических объемов покупки э/э и мощности от договорных.
2. При расчете оптимальной для АО-энерго величины завышения электропотребления необходимо учитывать возможное снижение выручки из-за снижения фактического отпуска мощности и ЭЭ на розничном рынке от заложенного в плановом балансе, а также погрешность характеристик относительных приростов стоимости расходуемого собственными электростанциями топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Временное положение** об основах формирования плановых балансов производства и поставок электрической (тепловой) энергии и мощности в рамках ЕЭС России по субъектам оптового рынка. Постановление ФЭК РФ от 03.04.98 г. № 15/2.
2. **Временные методические указания** по формированию и применению двухставочных тарифов на ФОРЭМ. Протокол заседания ФЭК РФ от 06.05.97 г. № 76.
3. **Методика применения тарифов** на электроэнергию при оперативной дооптимизации режимов работы РАО «ЕЭС России». Постановление ФЭК РФ от 02.10.02 г. № 66-э/4.
4. **О государственном регулировании** тарифов на электрическую и тепловую энергию в Российской Федерации. Федеральный Закон РФ от 14.04.95 г. № 41-ФЗ.

Об авторах.

Осьминушкин Алексей Викторович 1976 г.р. Окончил Нижегородский государственный технический университет в 1999 г., магистр по направлению «Электроэнергетика». Начальник отдела АСКУЭ и сопровождения рынка филиала ОАО «СО-ЦДУ ЕЭС» - «Нижегородское РДУ». Область научных интересов – прогнозирование электропотребления, оптимизация балансов электроэнергии и мощности.

Смирнов Олег Валерьевич, 1975 г.р. Окончил Нижегородский государственный технический университет в 1997 г. В 2001 г. защитил кандидатскую диссертацию. На-

чальник диспетчерско-режимного отдела филиала «Энергосбыт» ОАО «Нижновэнерго». Область научных интересов – тарифообразование в электроэнергетике.

Папков Борис Васильевич, 1944 г.р. Окончил Горьковский политехнический институт по специальности «Электроснабжение промышленных предприятий и городов» в 1967 г. Защитил кандидатскую диссертацию в 1974 г., докторскую в 1994 г. Профессор Нижегородского государственного технического университета. Список опубликованных работ содержит более 200 наименований. Область научных интересов – электроснабжение промышленности, теория надежности, экономика электроэнергетики.