

7. УДК 681.3

З. Х. Борукаев, К. Б. Остапченко, О. И. Лисовиченко

МОДЕЛЬ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ОПТОВОЙ ЦЕНЫ ПОКУПКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ ЦЕН НА РЫНКАХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ

Аннотация: Приведены результаты исследования дискретной математической модели для определения прогнозной оптовой цены покупки электроэнергии на оптовом рынке в зависимости от изменений цен на основные энергоносители.

Ключевые слова: динамика, модель, прогнозная оптовая цена, природный газ, топочный мазут, электрическая энергия, энергетический уголь.

Введение

В работах [1,5] приведена общая формулировка задачи математического и компьютерного моделирования динамики энергорынка в условиях изменения цен на рынках энергоносителей. Также в работе [2] проведен анализ взаимосвязи данных динамики цен на электрическую энергию (э/э) и на энергоносители и обоснована необходимость создания компьютерной системы мониторинга динамики энергорынка (КМДЭ) для решения ряда функциональных задач организационного управления Оптовым рынком э/э (ОРЭ), предусмотренных Правилами рынка [3] на базе комплекса моделей для разных периодов прогнозирования исходя из возможностей прогностических методов, положенных в их основу. Целью настоящей работы является расчетно-экспериментальное исследование одной из таких моделей, рассмотренных в [5–7], ее адекватности для оперативного – краткосрочного прогнозирования оптовой цены покупки электроэнергии $C_{ок}^{прог}(t)$ на ОРЭ.

1. Постановка задачи математического моделирования

Процесс формирования оптовой цены покупки э/э у производителей на ОРЭ и на его базе оптовой цены ее продажи поставщикам на каждый час расчетного периода времени, по сути, является процессом поиска равновесных цен, удовлетворяющих экономические интересы как производителей, так и поставщиков э/э. Началом этого процесса можно считать составление Администратором торговой системы в текущем месяце прогноза физического баланса производства и потребления э/э и финансового баланса ее покупки и продажи на ОРЭ на после-

дующий месяц в соответствии с нормативными документами [3,4], а также определение Регулятором рынка – Национальной комиссией регулирования электроэнергетики (НКРЭ) прогнозной величины оптовой цены покупки э/э у производителей. Определение прогнозной величины $C_{ок}^{прог}(t)$ предназначено для дальнейшего решения задач построения предварительного торгового и диспетчерского графиков активной нагрузки в энергосистеме путем выбора оптимального состава включенного генерирующего оборудования, а также для управления процессом формирования генкомпаниями ТЭС ценовых заявок блоков электростанций. Отличительной особенностью работы энергосистемы является наличие резервной мощности в целях обеспечения надежности ее работы в любых нормальных режимах электропотребления. Учитывая это обстоятельство можно утверждать, что в периоды нормальной работы энергосистемы, речь идет о поиске равновесной цены на электроэнергию в условиях превышения предложения объемов производимой э/э и мощности над спросом.

Директивно устанавливаемая Регулятором рынка в текущем месяце прогнозная величина оптовой цены покупки э/э на последующий месяц, по сути, является индикативной ценой. Она должна включать текущие средневзвешенные цены производства единицы э/э и мощности и рассчитываться на последующий месяц с учетом прогноза динамики роста затрат на энергоносители. Применение такой величины является управляющим воздействием Регулятора рынка при решении задач ценообразования при формировании заявок генерирующими компаниями на ОРЭ, формирования договорных цен регулируемых договоров и определении регулируемых тарифов на электроэнергию (мощность) для оптовых поставщиков э/э, определении тарифов на розничном рынке на соответствующий период регулирования и т.д. А также отправной точкой при решении задач расчета равновесных оптовых цен покупки и продажи электроэнергии и мощности Администратором торговой системы.

2. Математическая модель краткосрочного прогноза

В работе [5] было предложено считать, что

$$\begin{aligned} C_{ок}(t) &= C_{ТЭС}(t)K_{ТЭС}^2(t) + C_{ТЭЦ}(t)K_{ТЭЦ}^2(t) + A(t), \\ A(t) &= C_{АЭС}(t)K_{АЭС}^2(t) + C_{ГЭС}(t)K_{ГЭС}^2(t) + \\ & C_{ВЭС}(t)K_{ВЭС}^2(t) + C_{СЭС}(t)K_{СЭС}^2(t) \end{aligned} \quad (1)$$

где $C_{ок}(t)$ – оптовая цена покупки э/э у производителей, $C_j(t)$ с соответствующим индексом $j \in \{ТЭС, ТЭЦ, АЭС, ГЭС, ВЭС, СЭС\}$ – отпускная цена производителя j , $\mathcal{E}_j(t)$ – объем отпущенной э/э (произведенной для продажи в ОРЭ)

производителем j , $K_j^2(t) = \partial_j(t)/\partial_{\text{отпуск}}(t)$, $j \in \{\text{ТЭС, ТЭЦ, АЭС, ГЭС, ВЭС, СЭС}\}$ – доли отпущенной ∂/∂ каждым производителем в общем балансе генерации ∂/∂ .

На основе, проведенного в работе [2] анализа данных установлено, что $\Pi_{\text{АЭС}}(t)$, $\Pi_{\text{ГЭС}}(t)$, $\Pi_{\text{ВЭС}}(t)$, $\Pi_{\text{СЭС}}(t)$ это контрактные договорные отпускные цены, устанавливаемые Регулятором ОРЭ на довольно длительные промежутки времени, а $\Pi_{\text{ТЭС}}(t)$, $\Pi_{\text{ТЭЦ}}(t)$, хотя и регулируемые цены, но им присуща весьма заметная динамика.

Учитывая это обстоятельство, все производители ∂/∂ были разделены на две группы. В первую включены компании ТЭС и ТЭЦ и для них в модели учитывается реальная динамика средневзвешенных месячных цен как во времени, так и от затрат на энергоносители, являющихся определяющей частью общих затрат энергокомпаний, понесенных ими при производстве ∂/∂ . Для группы остальных компаний будем считать цену покупки, независимой от цен на энергоносители, и поэтому, постоянной величиной, равной $A(t)$.

Для упрощения модели $A(t)$ будем определять как

$$A(t) = \Pi_{\text{А}}(t)K_{\text{А}}^2(t), \Pi_{\text{А}}(t) = \frac{\sum_{j \in \text{А}} \Pi_j(t)\partial_j(t)}{\sum_{j \in \text{А}} \partial_j(t)}, K_{\text{А}}^2(t) = \frac{\sum_{j \in \text{А}} \partial_j(t)}{\partial_{\text{отпуск}}(t)} \quad (2)$$

где $\text{А} \in \{\text{АЭС, ГЭС, ВЭС, СЭС}\}$.

При построении дискретной модели регулирования цен в условиях превышения предложения над спросом, как правило, исходят из предположения о том, что скорость изменения цены предложения прямо пропорциональна величине избыточного предложения. В нашем случае из (1) видно, что динамика роста $\Pi_{\text{ок}}(t)$ напрямую зависит от динамики роста цен на энергоносители и связана с ней прямо пропорциональной зависимостью, т.к. составляющие оптовой цены покупки – $\Pi_{\text{ТЭС}}(t)$ и $\Pi_{\text{ТЭЦ}}(t)$ напрямую зависят от динамики роста цен на уголь, газ и мазут:

$$\Pi_j(t) = \sum_k \frac{\Pi_k^{\text{HT}}(t)}{K_k^Q} r_k^j(t) B_j + \frac{\Pi_j^{\text{ПЗ}}(t) + \Pi_j^{\text{ВПЗ}}(t)}{\partial_j(t)}$$

где $\Pi_k^{\text{HT}}(t)$ – цена на натуральный энергоноситель $k \in \{\text{газ, мазут, уголь}\}$ для производства ∂/∂ , K_k^Q – калорийный эквивалент перевода натурального энергоносителя k в условное топливо, $r_k^j(t)$ – доля натурального энергоносителя k в производстве ∂/∂ производителя $j \in \{\text{ТЭС, ТЭЦ}\}$, $\sum_k r_k^j(t) = 1$, B_j – характеристика

удельного расхода условного топлива на единицу отпуска (выработки) ∂/∂ производителя j .

Шаг дискретизации по времени в модели краткосрочного прогноза примем равным одному месяцу. Тогда t_i – номер календарного месяца расчетного года, а принимая во внимание неизменность во времени распределения долей натуральных энергоносителей k в производстве ∂/∂ , получаем прямо пропорциональную зависимость динамики прироста цены $\Pi_{\text{ТЭС}}(t)$:

$$\frac{d\Pi_{\text{ТЭС}}(t)}{dt} = \frac{d\left(\frac{\Pi_y^{\text{HT}}(t)}{K_y^Q} r_y^{\text{ТЭС}}(t) + \frac{\Pi_m^{\text{HT}}(t)}{K_m^Q} r_m^{\text{ТЭС}}(t)\right)}{dt} B_{\text{ТЭС}} = \frac{d(c_y \Pi_y^{\text{HT}}(t) + c_m \Pi_m^{\text{HT}}(t))}{dt}$$

Заменяя левую и правую части разностными выражениями получим:

$$\Pi_{\text{ТЭС}}(t_{i+1}) = \Pi_{\text{ТЭС}}(t_i) + c_y(\Pi_y^{\text{HT}}(t_{i+1}) - \Pi_y^{\text{HT}}(t_i)) + c_m(\Pi_m^{\text{HT}}(t_{i+1}) - \Pi_m^{\text{HT}}(t_i)), \quad (3)$$

где $c_y = \frac{r_y^{\text{ТЭС}}}{K_y^Q} B_{\text{ТЭС}}$, $c_m = \frac{r_m^{\text{ТЭС}}}{K_m^Q} B_{\text{ТЭС}}$ – коэффициенты пропорциональности приведенной доли расхода угля и мазута в технологическом процессе производства ∂/∂ ТЭС, $r_y^{\text{ТЭС}} + r_m^{\text{ТЭС}} = 1$.

Аналогично для $\Pi_{\text{ТЭЦ}}(t)$, получаем

$$\Pi_{\text{ТЭЦ}}(t_{i+1}) = \Pi_{\text{ТЭЦ}}(t_i) + d_r(\Pi_r^{\text{HT}}(t_{i+1}) - \Pi_r^{\text{HT}}(t_i)) + d_m(\Pi_m^{\text{HT}}(t_{i+1}) - \Pi_m^{\text{HT}}(t_i)), \quad (4)$$

где $d_r = \frac{r_r^{\text{ТЭЦ}}}{K_r^Q} B_{\text{ТЭЦ}}$, $d_m = \frac{r_m^{\text{ТЭЦ}}}{K_m^Q} B_{\text{ТЭЦ}}$ – коэффициенты пропорциональности приведенной доли расхода газа и мазута в технологическом процессе производства ∂/∂ ТЭЦ, $r_r^{\text{ТЭЦ}} + r_m^{\text{ТЭЦ}} = 1$.

Подставляя выражения (2), (3), (4) в (1) для интервала прогнозирования t_{i+1} , получим:

$$\Pi_{\text{ок}}^{\text{пор}}(t_{i+1}) = \Pi_{\text{ТЭС}}(t_i)K_{\text{ТЭС}}^2(t_{i+1}) + \Pi_{\text{ТЭЦ}}(t_i)K_{\text{ТЭЦ}}^2(t_{i+1}) + \Pi_{\text{А}}(t_{i+1})K_{\text{А}}^2(t_{i+1}) + \Delta\Pi_y^{\text{HT}}(t_{i+1}) + \Delta\Pi_r^{\text{HT}}(t_{i+1}) + \Delta\Pi_m^{\text{HT}}(t_{i+1}) \quad (5)$$

Выражения для $\Delta\Pi_y^{\text{HT}}(t_{i+1})$, $\Delta\Pi_r^{\text{HT}}(t_{i+1})$, $\Delta\Pi_m^{\text{HT}}(t_{i+1})$ представляют собой зависимости динамики прироста цен на энергоносители за расчетный период:

$$\Delta\Pi_y^{\text{HT}}(t_{i+1}) = c_y K_{\text{ТЭС}}^2(t_{i+1})(\Pi_y^{\text{HT}}(t_{i+1}) - \Pi_y^{\text{HT}}(t_i)),$$

$$\Delta\Pi_r^{\text{HT}}(t_{i+1}) = d_r K_{\text{ТЭЦ}}^2(t_{i+1})(\Pi_r^{\text{HT}}(t_{i+1}) - \Pi_r^{\text{HT}}(t_i)),$$

$$\Delta\Pi_m^{\text{HT}}(t_{i+1}) = (c_m K_{\text{ТЭС}}^2(t_{i+1}) + d_m K_{\text{ТЭЦ}}^2(t_{i+1}))(\Pi_m^{\text{HT}}(t_{i+1}) - \Pi_m^{\text{HT}}(t_i)).$$

Таким образом для расчета $\Pi_{\text{ок}}^{\text{пор}}(t_{i+1})$ получена дискретная модель в виде соотношения (5), с помощью которого при использовании фактических значений

$\Pi_{TЭС}(t)$, $\Pi_{TЭЦ}(t)$ и установленных Регулятором рынка значений средневзвешенных цен $\Pi_{у}^{HT}(t)$, $\Pi_{Г}^{HT}(t)$, $\Pi_{М}^{HT}(t)$ текущего месяца, а также рассчитанных прогнозных значений $K_{TЭС}^{\Delta}(t_{i+1})$, $K_{TЭЦ}^{\Delta}(t_{i+1})$, $K_A^{\Delta}(t_{i+1})$, $\Pi_A(t_{i+1})$, $\Pi_{у}^{HT}(t_{i+1})$, $\Pi_{Г}^{HT}(t_{i+1})$, $\Pi_{М}^{HT}(t_{i+1})$ можно определить значение прогнозной величины оптовой цены покупки э/э на последующий месяц t_{i+1} .

Аналогично можно получить дискретную модель расчета $\Pi_{ок}^{prog}(t_{i+1})$ в зависимости от динамики прироста долей отпущенной э/э каждой группой производителей как составляющих формулы (1):

$$\Pi_{ок}^{prog}(t_{i+1}) = \Pi_{TЭС}(t_{i+1})K_{TЭС}^{\Delta}(t_i) + \Pi_{TЭЦ}(t_{i+1})K_{TЭЦ}^{\Delta}(t_i) + \Pi_A(t_{i+1})K_A^{\Delta}(t_i) + \Delta K_{TЭС}(t_{i+1}) + \Delta K_{TЭЦ}(t_{i+1}) + \Delta K_A(t_{i+1}) \quad (6)$$

Выражения для $\Delta K_{TЭС}(t_{i+1})$, $\Delta K_{TЭЦ}(t_{i+1})$, $\Delta K_A(t_{i+1})$ представляют собой зависимости динамики прироста долей отпущенной э/э каждой группой производителей за расчетный период:

$$\begin{aligned} \Delta K_{TЭС}(t_{i+1}) &= \Pi_{TЭС}(t_{i+1})(K_{TЭС}^{\Delta}(t_{i+1}) - K_{TЭС}^{\Delta}(t_i)), \\ \Delta K_{TЭЦ}(t_{i+1}) &= \Pi_{TЭЦ}(t_{i+1})(K_{TЭЦ}^{\Delta}(t_{i+1}) - K_{TЭЦ}^{\Delta}(t_i)), \\ \Delta K_A(t_{i+1}) &= \Pi_A(t_{i+1})(K_A^{\Delta}(t_{i+1}) - K_A^{\Delta}(t_i)). \end{aligned}$$

Выведем рекуррентную зависимость $\Pi_{ок}^{prog}(t_{i+1})$ от своего предыдущего значения для получения дискретной модели прогноза с горизонтом на несколько месяцев (до одного года). Для этого необходимо определить относительные приросты долей отпущенной э/э каждой группой производителей в общем балансе генерации э/э для расчетного периода и подставив в выражение (5), получить рекуррентное соотношение для последующих периодов:

$$\begin{aligned} K_j^{\Delta}(t_{i+1}) &= K_j^{\Delta}(t_i) + \Delta K_j^{\Delta}(t_{i+1}), \quad j \in \{TЭС, TЭЦ, A\} \\ \Pi_{ок}^{prog}(t_{i+1}) &= \Pi_{ок}^{prog}(t_i) + \Pi_{TЭС}(t_i)\Delta K_{TЭС}^{\Delta}(t_{i+1}) + \Pi_{TЭЦ}(t_i)\Delta K_{TЭЦ}^{\Delta}(t_{i+1}) + \Pi_A(t_i)\Delta K_A^{\Delta}(t_{i+1}) + \\ &+ \Delta \Pi_{у}^{HT}(t_{i+1}) + \Delta \Pi_{Г}^{HT}(t_{i+1}) + \Delta \Pi_{М}^{HT}(t_{i+1}) + \Delta \Pi_A(t_{i+1}) \\ \Delta \Pi_A(t_{i+1}) &= K_A^{\Delta}(t_{i+1})(\Pi_A(t_{i+1}) - \Pi_A(t_i)) \end{aligned} \quad (7)$$

Выражения для $\Delta K_{TЭС}^{\Delta}(t_{i+1})$, $\Delta K_{TЭЦ}^{\Delta}(t_{i+1})$, $\Delta K_A^{\Delta}(t_{i+1})$ представляют собой зависимости динамики прироста долей отпущенной э/э каждой группой производителей за расчетный период от соотношения приростов объемов отпуска э/э группой производителей к общему объему отпуска:

$$\Delta K_j^{\Delta}(t_{i+1}) = \frac{\Delta \mathcal{E}_j(t_{i+1})\mathcal{E}_{отпуск}(t_{i+1}) - \mathcal{E}_j(t_{i+1})\Delta \mathcal{E}_{отпуск}(t_{i+1})}{\mathcal{E}_{отпуск}(t_{i+1})^2}$$

3. Расчетно-экспериментальное исследование

Целью расчетно-экспериментального исследования является определение степени адекватности предложенной модели для разработки краткосрочного прогноза оптовой цены покупки э/э в зависимости от изменения цен на основные энергоносители – газ, уголь, мазут. Анализируется степень влияния составляющих в общем балансе формулы (5) расчета $\Pi_{ок}^{prog}(t_{i+1})$, а также динамика поведения каждой составляющей от изменения цен на основные энергоносители и возможные направления упрощения полученной зависимости с приемлемой степенью адекватности получаемого прогноза к фактическим значениям по критерию MAPE (MPE), использованном ранее в работе [6].

Анализ формулы (1) показал, что расчет оптовой цены зависит от двух типов составляющих – цены за отпуск э/э от определенного вида производителей (генерации) и доли отпущенной э/э каждым производителем в общем балансе. Первая составляющая $\Pi_j(t)$ напрямую зависит от затрат, и следовательно, от цены на энергоносители, используемые в технологическом процессе производства э/э, а вторая $K_j^{\Delta}(t)$ – от структуры электропотребления, которая складывается на рынке и в итоге влияющая на структуру генерации э/э. Через структуру генерации последняя составляющая косвенным образом зависит от цен на энергоносители, т.к. регулятор ОРЭ при выборе структуры генерации учитывает ценовые заявки производителей э/э.

В результате первым экспериментальным исследованием служит анализ влияния структуры явных и неявных факторов цены за энергоносители на прогноз оптовой цены покупки э/э. Согласно формулы (5) выполнен расчет ее составляющих для генкомпаний ТЭС, ТЭЦ, АЭС и др. по реальным данным функционирования ОРЭ, приведенным в работе [2], за выбранный период наблюдения 2011–2013 гг. (табл. 1). Анализ баланса составляющих формулы (5) показывает следующее распределение долей в общем балансе (рис. 1): ТЭС – 45–75 %, ТЭЦ – 5–25%, АЭС и др. – 25–30 %.

Очевидно, что доля прироста цен на энергоносители, как составляющей формулы расчета $\Pi_{ок}^{prog}(t_{i+1})$, остается не более 5–10 %.

**Прогноз стоимости видов генерации и оптовой цены
без учета прироста цен на энергоносители**

Таблица 1

Период отпуска э/э	Прогноз стоимость генерации			Прогноз оптовой цены, грн/МВт.час	МРЕ
	АЭС и др., грн/МВт.час	ТЭС, грн/МВт.час	ТЭЦ, грн/МВт.час		
Январь, 2011	85,55	153,72	73,17	312,44	1,44
Февраль, 2011	78,52	171,78	78,10	328,39	5,08
Март, 2011	89,46	175,96	78,45	343,86	4,02
Апрель, 2011	97,26	184,59	58,81	340,65	6,85
Май, 2011	108,93	180,88	51,59	341,40	11,87
Июнь, 2011	97,23	272,61	36,73	406,57	-4,55
Июль, 2011	98,36	263,16	32,39	393,91	1,67
Август, 2011	95,56	273,71	46,01	415,29	-5,81
Сентябрь, 2011	108,23	202,71	59,41	370,36	5,86
Октябрь, 2011	98,42	256,00	71,74	426,16	-7,93
Ноябрь, 2011	96,66	216,00	89,72	402,38	4,78
Декабрь, 2011	118,41	202,14	105,27	425,82	-4,07
Январь, 2012	114,85	196,36	102,47	413,68	-3,06
Февраль, 2012	108,55	203,32	98,40	410,27	0,88
Март, 2012	123,73	180,92	87,81	392,46	5,93
Апрель, 2012	125,89	203,12	60,50	389,51	8,49
Май, 2012	129,55	239,95	45,47	414,97	-1,69
Июнь, 2012	114,96	268,88	43,72	427,56	2,45
Июль, 2012	107,10	328,20	25,09	460,38	-6,83
Август, 2012	113,98	287,72	30,16	431,86	4,38
Сентябрь, 2012	137,53	255,78	49,92	443,22	-0,14
Октябрь, 2012	134,63	251,52	66,92	453,06	-5,43
Ноябрь, 2012	136,59	198,84	90,90	426,33	1,68
Декабрь, 2012	116,88	237,42	104,84	459,14	-8,08

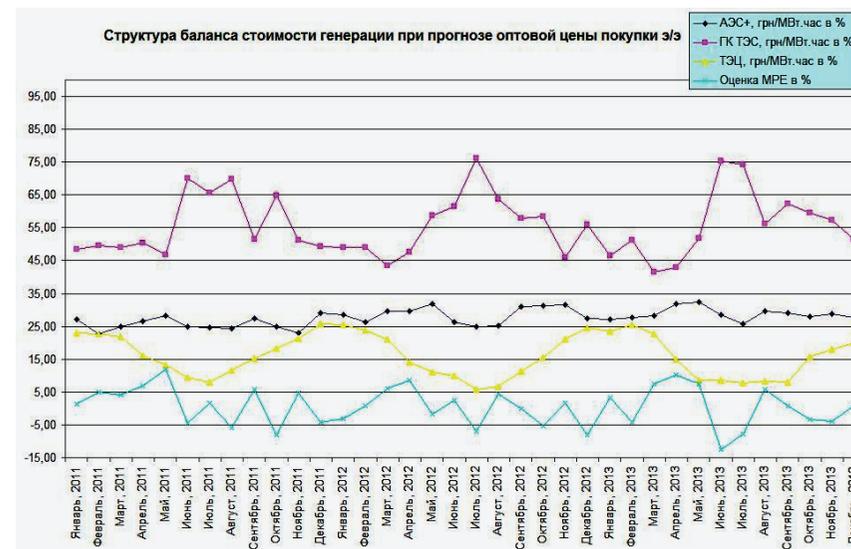


Рис. 1. Структура баланса стоимости генерации
при прогнозе оптовой цены покупки э/э без учета прироста цен
на энергоносители

Вторым экспериментальным исследованием служит анализ влияния изменения структуры генерации э/э, т.е. прироста составляющих $K_{ТЭС}^3(t_{i+1})$, $K_{ТЭЦ}^3(t_{i+1})$, $K_A^3(t_{i+1})$ формулы (5), на формирование оптовой цены покупки э/э. Согласно формулы (6) выполнен расчет ее составляющих для генкомпаний ТЭС, ТЭЦ, АЭС и др. по реальным данным функционирования ОРЭ, приведенным в работе [2], за выбранный период наблюдения 2011–2013 гг. (табл. 2). Анализ баланса составляющих формулы (6) показывает следующее распределение долей в общем балансе (рис. 2): ТЭС – 45–70 %, ТЭЦ – 10–25 %, АЭС и др. – 25–35 %.

Очевидно, что прирост долей генерации, как составляющей формулы расчета $C_{ок}^{пор}(t_{i+1})$, остается не более 3–7 %.

**Прогноз стоимости видов генерации и оптовой цены
без учета прироста долей генерации**

Таблица 2

Период отпуска э/э	Прогноз стоимость генерации			Прогноз оптовой цены, грн/МВт.час	МРЕ
	АЭС и др., грн/МВт.час	ТЭС, грн/МВт.час	ТЭЦ, грн/МВт.час		
Январь, 2011	80,14	167,94	76,75	324,84	-2,47
Февраль, 2011	94,58	163,63	76,21	334,42	3,33
Март, 2011	89,82	192,69	78,12	360,63	-0,66
Апрель, 2011	93,18	204,22	88,38	385,78	-5,49
Май, 2011	95,09	257,85	64,75	417,69	-7,82
Июнь, 2011	108,42	212,77	52,52	373,71	3,90
Июль, 2011	102,77	251,15	42,27	396,19	1,10
Август, 2011	100,32	243,79	34,82	378,92	3,45
Сентябрь, 2011	97,53	278,01	44,62	420,15	-6,80
Октябрь, 2011	109,33	192,35	64,04	365,71	7,37
Ноябрь, 2011	117,24	220,93	76,97	415,14	1,76
Декабрь, 2011	116,91	198,33	89,60	404,83	1,06
Январь, 2012	122,48	172,33	102,93	397,75	0,91
Февраль, 2012	118,39	185,76	100,53	404,68	2,23
Март, 2012	102,23	242,59	99,34	444,15	-6,46
Апрель, 2012	116,63	250,90	86,67	454,21	-6,71
Май, 2012	120,74	240,31	57,50	418,56	-2,57
Июнь, 2012	128,67	245,54	44,29	418,50	4,52
Июль, 2012	126,65	244,83	44,19	415,68	3,55
Август, 2012	126,48	292,90	30,37	449,75	0,42
Сентябрь, 2012	125,74	292,20	34,28	452,23	-2,17
Октябрь, 2012	128,09	243,79	47,04	418,92	2,52
Ноябрь, 2012	118,21	256,93	65,95	441,09	-1,72
Декабрь, 2012	126,14	187,30	88,86	402,29	5,30

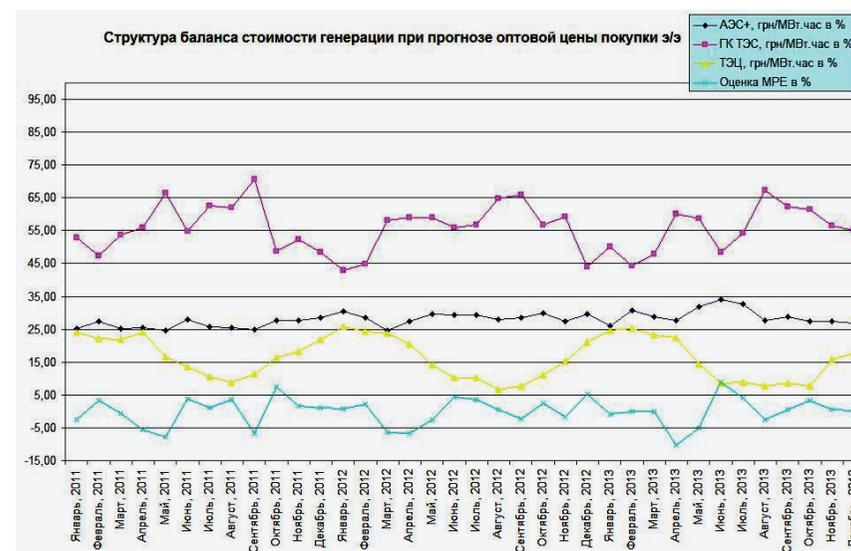


Рис. 2. Структура баланса стоимости генерации при прогнозе оптовой цены
покупки э/э без учета прироста долей генерации

Таким образом, можно сделать вывод, что на оптовую цену покупки э/э, кроме прироста цены на энергоносители, в достаточной степени влияет решения регулятора ОРЭ по установлению определенного баланса в структуре генерации э/э, которое определяется из стратегии рынка, устанавливающую ценовую политику на энергоносители, и в меньшей степени от собственных решений самой генерации по приобретению энергоносителей в зависимости от складывающейся конъюнктуры рынка на них.

Анализ составляющих для компаний ТЭС и ТЭЦ показывает, что для краткосрочного горизонта достаточно иметь данные за предыдущий период, т.е. прогноз фактически не зависит от предистории «поведения» производства и ценообразования на э/э, а определяется предыдущим состоянием, что характерно для оперативного управления генерацией э/э как производства «ненакапливаемой продукции». Кроме того, точность прогноза будет предопределяться точностью прогноза прироста цен на энергоносители в большей степени, чем изменение баланса отпуска э/э генерацией в ОРЭ.

Анализ составляющих изменения цен на энергоносители показывает, что в связи с тем, что динамика цен на энергоносители являются директивно устанавливаемыми величинами регулятором ОРЭ, то при прогнозе прироста цен целе-

сообразно перейти к анализу влияния динамики стоимостных затрат на энергоносители при производстве э/э генерирующими компаниями ТЭС и ТЭЦ отдельно по каждому виду энергоносителя.

Проведенный анализ факторов, оказывающих существенное влияние на формирования прогноза оптовой цены покупки э/э, позволяет сделать предположение, что основной тренд динамики оптовой цены будет складываться из следующих составляющих:

- тренда, обеспечивающего потребности производства страны (народного хозяйства) и населения (ЖКХ),
- тренда сезонности в генерации э/э,
- случайных факторов, к которым следует, в первую очередь, отнести температуру и освещенность.

Тренд влияния производства может быть построен как зависимость от динамики ВВП, тренд влияния населения – от динамики уровня инфляции и платежеспособности, тренд сезонности – предопределяется особенностями генерации ТЭЦ для обеспечения отопительного сезона и услуг ЖКХ, а также ТЭС для обеспечения маневренности энергосистемы при сезонности некоторых видов производства с циклическими производственными процессами, например, сельского хозяйства. Таким образом, очевидна прямая связь и зависимость прогноза оптовой цены на э/э от прогноза электропотребления с последующим формированием прогноза физического баланса производства и потребления э/э и, следовательно, важность построения адекватных прогностических моделей электропотребления от указанных факторов.

Выводы

В работе получены адекватные математические модели для решения задачи определения прогнозной оптовой цены покупки э/э на ОРЭ в зависимости от изменений цен на основные энергоносители при построении краткосрочного прогноза. Предложенные оценки качества решений прогностических моделей приемлемы для построения надежного прогноза на заявленный горизонт решения поставленной задачи.

Список использованных источников

1. *Борукаев З. Х.* Моделирование динамики энергорынка в условиях изменения цен на рынках энергоносителей. Часть 1. Общая формулировка задачи / З. Х. Борукаев, К. Б. Остапченко, О. И. Лисовиченко // *Моделювання та інформаційні технології / Збірник наукових праць / ПІМЕ ім. Г. Є. Пухова НАН України.* – Київ, 2014. – Вип. 73. – С. 139–146.
2. *Борукаев З. Х.* Анализ взаимосвязи данных динамики энергорынка с изменениями цен на рынках энергоносителей / З. Х. Борукаев, К. Б. Остапченко, О. И. Лисовиченко // *Міжвідомчий науково-технічний збірник «Адаптивні системи автоматичного управління».* – 2015. – № 1(26). – С. 85–101.
3. *Постанова Національної комісії регулювання електроенергетики України № 921 від 12.09.2003 «Про затвердження Правил Оптового ринку електричної енергії України в редакції, затвердженій Радою ринку від 4 вересня 2003 р.».*
4. *Порядок складання прогностного фізичного балансу електричної енергії Об'єднаної енергетичної системи України та прогностного балансу її купівлі–продажу в Оптовому ринку електричної енергії України на наступний розрахунковий місяць. Наказ Міністерства палива та енергетики України № 246 від 13.05.2009 р.*
5. *Борукаев З. Х.* Модели для определения прогнозной оптовой цены покупки электроэнергии в условиях изменения цен на рынках энергоносителей / З. Х. Борукаев, К. Б. Остапченко, О. И. Лисовиченко // *Міжвідомчий науково-технічний збірник «Адаптивні системи автоматичного управління».* – 2015. – № 2(26). – С. 35–43.
6. *Борукаев З. Х.* Математическое обеспечение методики расчета прогнозной оптовой цены электроэнергии на оптовом рынке / З. Х. Борукаев, К. Б. Остапченко, О. И. Лисовиченко // *Енергетика та електрифікація / Науково-виробничий журнал Міністерства палива та енергетики України.* – Київ, 2015. – Вип. 9 (385). – С. 33–43.
7. *Борукаев З. Х.* Моделирование динамики прибыли генерирующих компаний в условиях изменения цен на энергоносители / З. Х. Борукаев, К. Б. Остапченко, О. И. Лисовиченко // *Енергетика та електрифікація/Науково-виробничий журнал Міністерства палива та енергетики України.* – Київ, 2015. – Вип. 10 (386). – С. 31–35.