

ПОКАЗАТЕЛИ РЫНОЧНОЙ СРЕДЫ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ

И.А. Соловьева, А.П. Дзюба

Статья посвящена вопросам прогнозирования факторов рыночной среды для последующего использования их субъектами оптового рынка электроэнергии в прогнозировании планового почасового электропотребления. Рассмотрены тенденции соотношений часовых показателей цен рынка на сутки вперед и балансирующего рынка на примере показателей реального субъекта рынка за период с 2010 по 2012 годы. По результатам проведенного исследования авторами составлена таблица принятия решений по учету ценовых соотношений в прогнозном графике электропотребления для рабочих и выходных дней. Статья содержит пример применения результатов проведенных исследований на прогнозном графике электропотребления. Результаты исследования позволяют усовершенствовать прогнозирование электропотребления, основывающееся на учете не только факторов, определяющих потребность в электроэнергии, но и факторов, учитывающих тенденции оптового рынка.

Ключевые слова: прогнозирование, ценообразование, оптовый рынок, электропотребление, эффективность.

Абсолютно для всех покупателей и поставщиков электрической энергии, функционирующих в рамках экономического пространства российского оптового рынка электроэнергии, рыночная конъюнктура обуславливает принципы и правила их повседневной деятельности. Основными факторами оптового рынка, определяющими его конъюнктуру, являются почасовые цены на электроэнергию секторов рынка «Рынок на сутки вперед» и «Балансирующий рынок», формирующиеся посредством механизма конкурентного ценообразования. Возможность исследования и краткосрочного прогнозирования будущих ценовых параметров рынка, а также организация их качественного учета в текущей деятельности субъектов оптового рынка может существенным образом повысить эффективность работы как отдельных участников, так и оптового рынка в целом.

Одним из эффективных вариантов использования знаний о будущих ценовых параметрах оптового рынка является их учет при формировании почасовых прогнозов электропотребления. В связи с этим высокую актуальность имеет задача прогнозирования почасовых ценовых параметров рыночной среды.

Основным ценовым параметром оптового рынка является цена рынка на сутки вперед (PCB). Цена PCB формируется почасово посредством конкурентных аукционов, проводимых коммерческим оператором оптового рынка в лице ОАО «Администратор торговой системы» на основе ценовых заявок, подаваемых участниками рынка. Факторы, воздействующие на цены PCB, представлены в табл. 1 с разбивкой по типу их возникновения.

Широкий спектр разнообразных факторов, действующих на цены PCB, делает задачу их про-

гнозирования достаточно сложной. Прежде всего сложность связана с тем, что для их прогноза требуется информация о степени влияния и значениях наиболее важных факторов. Получение части информации затруднительно даже для участников рынка, так как она является строгой коммерческой тайной инфраструктурных организаций рынка, таких как Администратор торговой системы, Системный оператор и Федеральная сетевая компания. К такой информации относятся сведения об отключениях системообразующих линий электропередач, ремонтах или авариях крупных ГРЭС или АЭС и индивидуальные ценовые стратегии генераторов [1].

Цены балансирующего рынка (БР) отражают стоимость штрафов за отклонения почасовых фактических показателей электропотребления от плановых. Цены БР по своей природе схожи с ценами PCB и зависят от одного и того же набора факторов, при этом основой для формирования цен БР являются цены PCB. Для цен БР характерна более высокая волатильность, так как они в большей степени реагируют на различные явления, происходящие в энергосистеме, например, такие:

- ✓ дисбаланс между спросом и предложением в энергосистеме;
- ✓ аварии и системные ограничения;
- ✓ изменения топологии сети;
- ✓ тип электростанций, покрывающих спрос;
- ✓ волатильность ценовых ступеней.

Пример цен PCB и цен БР в различные сутки года приведен на рис. 1 и позволяет констатировать высокую вариацию цен балансирующего рынка и рынка на сутки вперед как между собой, так и в отдельности.

Для большинства субъектов оптового рынка как для потребителей, так и для генерирующих

Факторы, влияющие на цену рынка на сутки вперед

Тип фактора	Составляющие фактора
Рыночные	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Уровень цен, подаваемых в заявках участниками оптового рынка; ✓ Объемы, подаваемые в заявках участников; ✓ Структура ценовых заявок участников оптового рынка; ✓ Индивидуальные ценовые стратегии участников рынка; ✓ Доля ценопринимающих заявок; ✓ Степень конкурентности среды для поставщиков и потребителей
Политические	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Регулирование цен со стороны государства; ✓ Государственное регулирование модели рынка; ✓ Цены на сырьевые энергоресурсы; ✓ Лимиты на потребление определенных видов топлива; ✓ Случаи манипулирования ценами
Экономические	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Динамика цен на газ, нефть и уголь; ✓ Рентабельность ценовых заявок генерации; ✓ Учет в ценовых заявках индивидуальных особенностей потребителей (неплатежи, перекрестное субсидирование)
Технологические	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Состав и параметры генерирующего оборудования на операционные часы (типы электростанций, виды используемого топлива); ✓ Прогноз электропотребления по территории, выполняемый Системным оператором; ✓ Уведомления о составе и параметрах генерирующего оборудования; ✓ Требуемые резервы на увеличение и снижение нагрузки; ✓ Регламентированные режимные ограничения при работе оборудования; ✓ Ремонтные компании (в особенности крупных электростанций или АЭС и ГЭС); ✓ Аварии, внеплановые остановы генерирующего оборудования; ✓ Актуальная топология сети; ✓ Системные ограничения; ✓ Запирание мощностей; ✓ Размещение резервов мощности; ✓ Ввод новых мощностей
Сезонные	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Зависимость спроса на электроэнергию от метеофакторов; ✓ Использование дорогостоящего топлива на пиковых нагрузках; ✓ Паводковые периоды работы ГЭС; ✓ Работа электростанций на теплофикационном режиме; ✓ Сезонные ремонты (лето)
Экологические	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Водность рек; ✓ Приоритет загрузки тепловых электростанций перед АЭС
Географические	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Расположение потребителей в районах с дорогой генерацией; ✓ Размещение выработки ГЭС

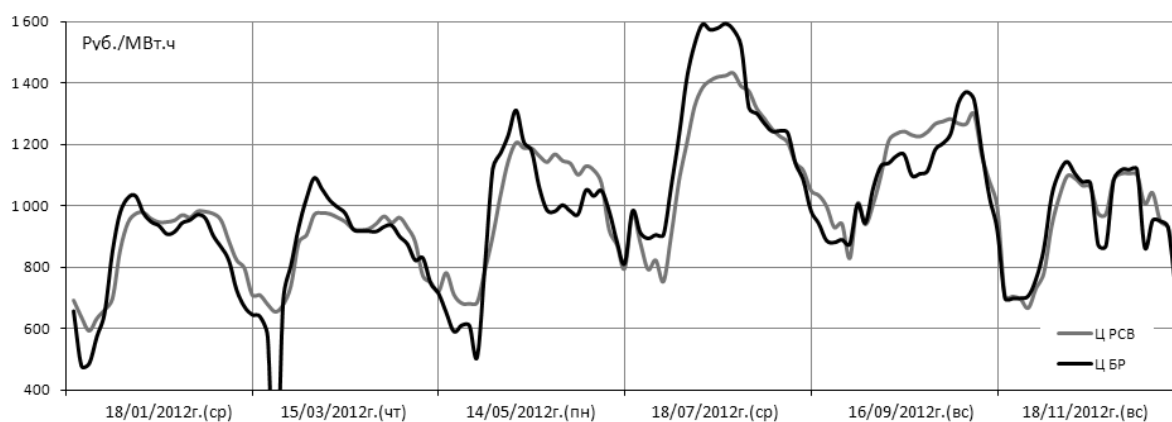


Рис. 1. Пример цен балансирующего рынка и рынка на сутки вперед в различные сутки

компаний, достоверное знание будущих значений цен РСВ и БР может существенно повысить качество планирования финансовых потоков и сформировать наиболее гибкую стратегию деятельности на рынке [9].

Для учета рыночных факторов в процессе формирования прогнозных графиков электропотребления необходимо знать не абсолютные величины ценовых показателей, а лишь почасовые направления их взаимных соотношений, что существенно упрощает задачу прогнозирования факторов рынка [8]. Соотношения между исследуемыми ценами могут быть как положительными, так отрицательными и различаться по величине.

Приведем пример исследования тенденций во взаимосвязи ценовых соотношений между часовыми показателями цен РСВ и БР. В качестве примера используем почасовые данные соотношений цен предприятия, являющегося субъектом оптового рынка и работающего в Уральском федеральном округе, за период с 2010 по 2012 годы [6].

Количество исследуемых данных почасовых ценовых соотношений равно количеству часов в каждом году: 8760 в 2010 и 2011 годах и 8784 в 2012 году, так как год был високосным.

На первом этапе исследования проведем количественный анализ почасовых ценовых соотношений в разрезе каждого представленного года. Для этого почасовые показатели разниц между ценами РСВ и БР внутри каждого года проранжируем в порядке возрастания и результат представим на диаграмме (рис. 2).

Из рисунка видно, что данные имеют определенную внутригодовую тенденцию, которая является ежегодно повторяющейся. Направления отклонений в течение года являются несимметричными. Так, примерно в 33 % случаев цены рынка на сутки вперед меньше, чем цены балансирующего рынка и в 67 % случаев соотношение обратное. Выявленную закономерность между ценами в дальнейшем необходимо учесть в модели прогнозирования.

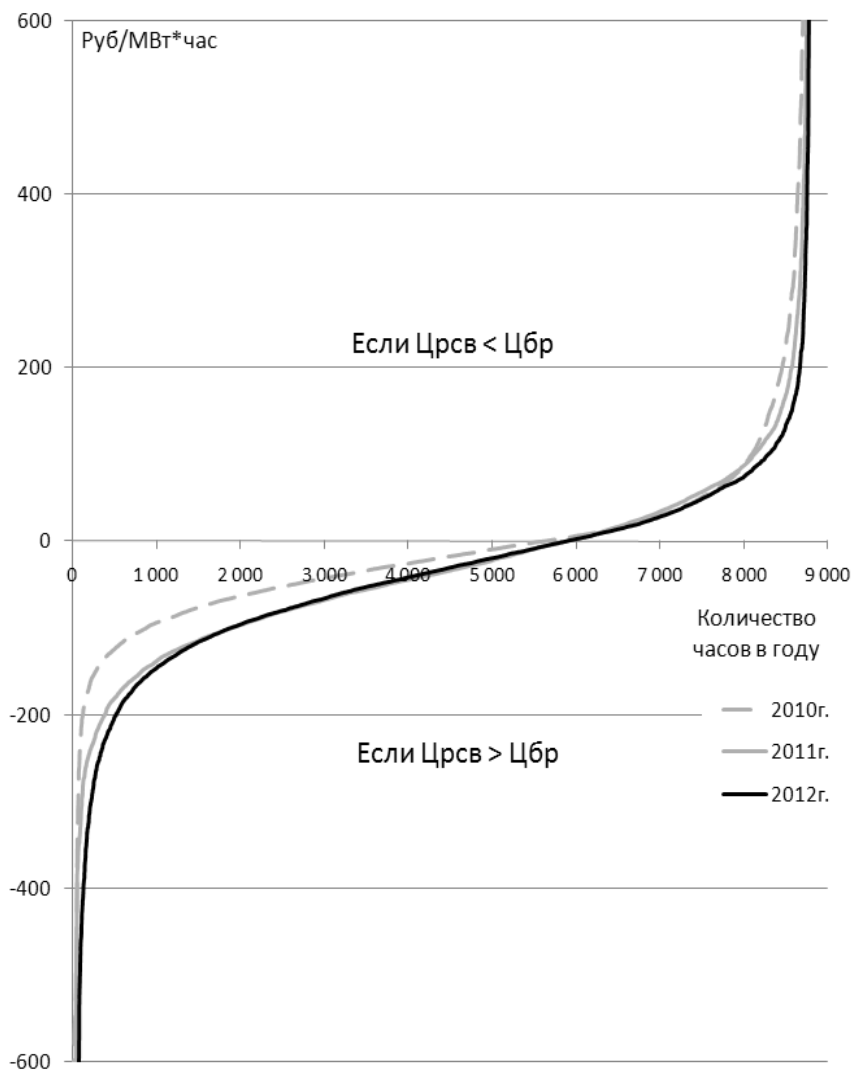


Рис. 2. Изменение кривых продолжительности разницы между ценами РСВ и БР [3]

Проанализируем массив почасовых разниц между ценами РСВ и БР за 2012 год при помощи гистограммы распределения (рис. 3), на которой почасовые разницы между ценами за 2012 год распределены по интервалам, в каждом из которых указано количество отклонений, относящихся к данному интервалу [2]. Как видно, вершина гистограммы достаточно явно сдвинута относительно нулевой оси, что еще раз подчеркивает несимметричное распределение отклонений между ценами РСВ и БР.

Все исследуемые данные имеют дискретный характер, то есть могут проявляться в двух вариантах: $Ц_{рсв} < Ц_{бр}$ либо обратное соотношение – $Ц_{рсв} > Ц_{бр}$. Для целей нашего исследования абсолютной величиной отклонений между ценами

можно пренебречь, приняв за предмет анализа лишь направления взаимных отклонений. Аналоговый сигнал ценовых отклонений можно перевести в дискретный (рис. 4), что существенно упрощает задачу сбора, обработки и анализа массивов исследуемых данных.

Данное условие позволяет проводить анализ ценовых соотношений не только в разрезе всего года, но и с учетом повторяемости интервалов, например, в разрезе отдельных часов суток.

Проведем более глубокий анализ исходных массивов данных путем дифференциации дискретных данных по отдельным часам суток. На рис. 5 в виде графиков приведены почасовые процентные доли случаев, когда $Ц_{рсв} < Ц_{бр}$, за все дни каждого анализируемого года (график А), а также от-

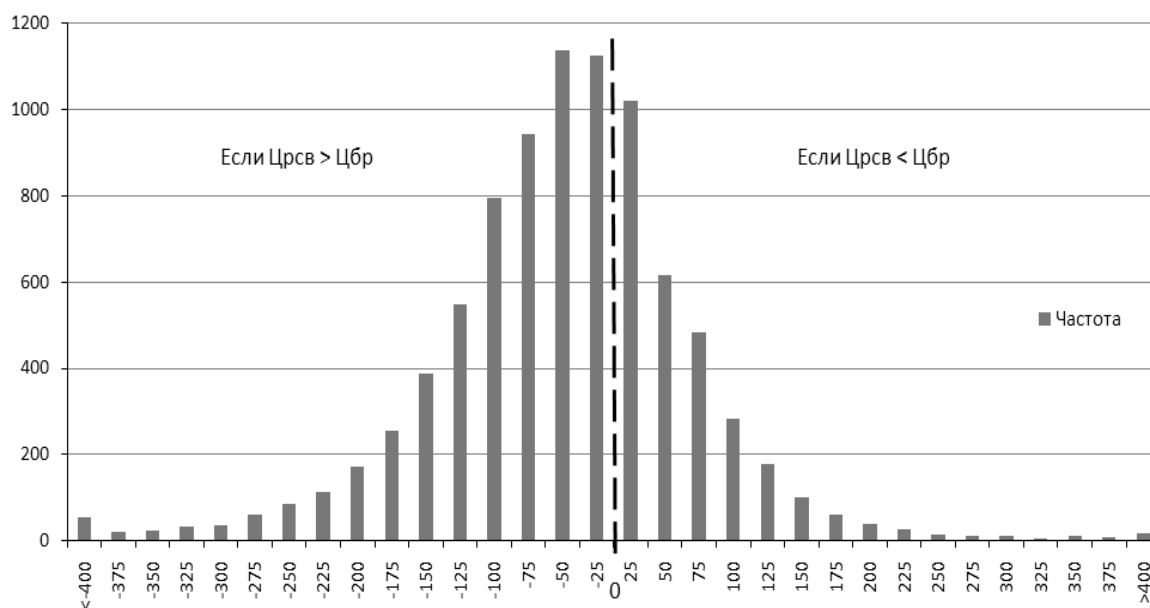


Рис. 3. Гистограмма распределения величин разницы между ценами РСВ и БР

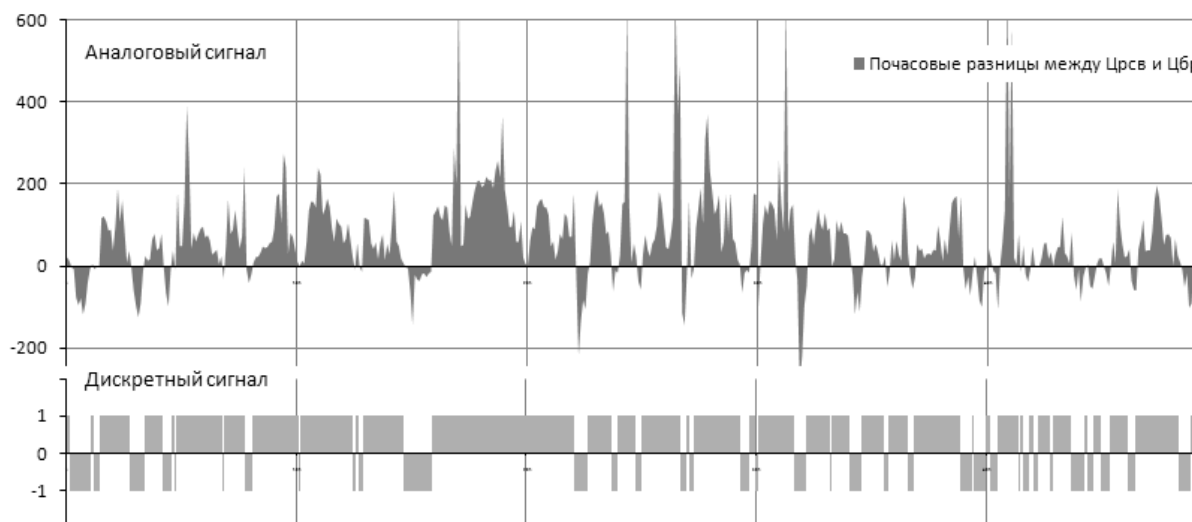


Рис. 4. Пример конвертации почасовой разницы взаимных соотношений между ценами РСВ и БР из аналогового вида в дискретный

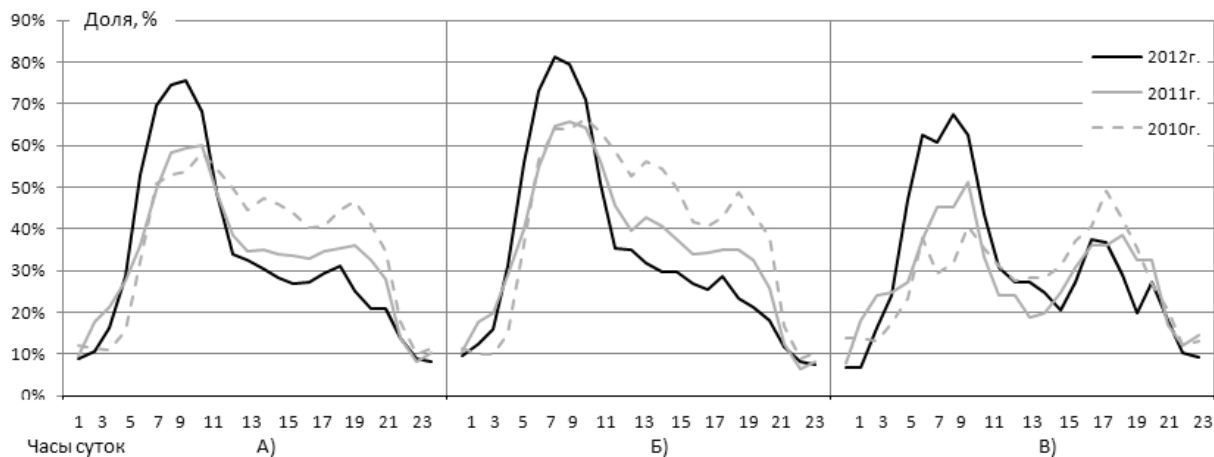


Рис. 5. Почасовые показатели долей случаев, когда $Црsv < Цбр$, за различные периоды 2010, 2011, 2012 годов

дельно за рабочие (график Б) и выходные дни (график В) каждого анализируемого года.

Так, например, как видно из рисунка, значение первого часа графика рабочих дней 2012 года составляет 10 %. Это значит, что из массива данных 2012 года были выделены значения исключительно первого часа всех рабочих дней, и в результате анализа выбранной совокупности в 10 % случаев было выявлено соотношение $Црsv < Цбр$. Соответственно, остальные 90 % часовых случаев имеют обратное соотношение – $Црsv > Цбр$.

Построенные графики (см. рис. 5) выявляют определенную закономерность, выражающуюся в тенденции почасовых ценовых соотношений внутри каждого часа суток. Наиболее выраженная вариация выявлена в 2011 и 2012 годах. Проведенный анализ позволяет констатировать явное преобладание случаев $Црsv < Цбр$ в дневные часы суток, когда в энергосистеме наблюдается рост нагрузки электропотребления, и в обратном соотношении $Црsv > Цбр$ в ночные часы, когда в энергосистеме наблюдается спад электропотребления.

В условиях отсутствия информации не только о будущих, но и о прошлых значениях факторов, влияющих на исследуемое соотношение цен, описанная закономерность может являться основой для построения прогноза цен РСВ и БР. Часы, в которых значение доли случаев, например, $Црsv < Цбр$ равно 20 % свидетельствуют о том, что в прогнозный период в данном часе с вероятностью 20 % произойдет соотношение цен $Црsv < Цбр$ и с вероятностью 80 % произойдет обратное соотношение цен – $Црsv > Цбр$.

Проведем более глубокую детализацию выявленных закономерностей посредством анализа ценовых соотношений в помесечной разбивке. Результат анализа почасовых ценовых соотношений в разрезе каждого месяца 2012 года приведен в таблицах 2 и 3: табл. 2 содержит показатели за рабочие дни 2012 года, табл. 3 – за выходные дни.

Круговые диаграммы, расположенные внутри ячеек, позволяют визуализировать тенденции ценовых соотношений в разрезе каждого часа суток и каждого месяца года, что существенно упрощает задачу реализации оценочных суждений о характере изменения данных. Число в виде процента, расположенное в каждой ячейке, отражает количество случаев соотношений $Црsv < Цбр$ для данного часа, месяца и типа дня [4].

Как видно из таблиц, месячные величины ценовых соотношений имеют схожую внутрисуточную тенденцию в разрезе всего года за исключением некоторых отдельных месяцев. Но тенденции соотношений цен имеют некоторые отличия между рабочими и выходными днями в части различий соотношений в дневные периоды.

Анализ таблиц позволяет констатировать, что некоторые часы на протяжении всего года имеют явное соотношение $Црsv < Цбр$, а некоторые, наоборот, $Црsv > Цбр$. Также существуют часы, значения которых однозначно не указывают на то или иное соотношение.

Для дальнейшего анализа тенденций ценовых соотношений были приняты допущения. Если значение в ячейке $> 70 \%$, то это позволяет сделать допущение о явном преобладании тенденции $Црsv < Цбр$. Если значение в ячейке $< 30 \%$, то это позволяет сделать допущение о преобладании тенденции $Црsv > Цбр$. Прогнозирование ценовых соотношений в данных часах можно производить с высокой долей вероятности. Если значение в ячейке таблицы составляет от 30 до 70 %, то принимается допущение о том, что соотношение является спорным, и корректировка прогноза в данные часы производиться не будет.

По результатам анализа табл. 2 и 3 с учетом принятых допущений о преобладании тенденций ценовых соотношений построена таблица принятия решений по учету ценовых соотношений в прогнозировании электропотребления (табл. 4). Данная таблица содержит почасовые рекоменда-

Таблица 2

Почасовые доли случаев, в которых Црsv < Цбр, в рабочие дни 2012 года с помесечной разбивкой

Часы	январь 2012	февраль 2012	март 2012	апрель 2012	май 2012	июнь 2012	июль 2012	август 2012	сентябрь 2012	октябрь 2012	ноябрь 2012	декабрь 2012
1	0%	5%	10%	0%	0%	15%	14%	35%	15%	4%	5%	10%
2	6%	10%	10%	5%	0%	15%	14%	17%	30%	22%	10%	10%
3	19%	15%	24%	10%	0%	10%	23%	17%	50%	13%	10%	5%
4	19%	15%	67%	10%	14%	15%	41%	17%	80%	35%	38%	19%
5	69%	75%	95%	38%	19%	20%	59%	26%	85%	91%	71%	24%
6	88%	95%	100%	48%	57%	40%	73%	48%	90%	91%	95%	57%
7	100%	95%	100%	48%	76%	70%	73%	74%	90%	91%	95%	67%
8	88%	95%	86%	57%	76%	80%	82%	74%	85%	91%	76%	67%
9	94%	85%	81%	43%	81%	65%	64%	70%	90%	78%	57%	52%
10	63%	75%	67%	43%	48%	55%	55%	52%	60%	48%	24%	29%
11	50%	55%	67%	19%	29%	25%	41%	39%	45%	22%	14%	24%
12	50%	50%	67%	24%	14%	30%	36%	48%	50%	22%	14%	19%
13	38%	45%	29%	33%	29%	15%	50%	35%	50%	22%	19%	19%
14	38%	45%	38%	29%	29%	10%	45%	30%	45%	22%	10%	19%
15	44%	45%	38%	29%	24%	15%	41%	35%	50%	13%	5%	24%
16	19%	25%	43%	24%	5%	20%	45%	22%	35%	22%	33%	29%
17	19%	25%	43%	19%	0%	5%	32%	13%	35%	35%	43%	33%
18	19%	35%	43%	24%	0%	5%	23%	9%	40%	48%	52%	43%
19	25%	30%	29%	38%	10%	15%	18%	9%	45%	48%	14%	0%
20	6%	25%	14%	48%	24%	10%	23%	30%	50%	13%	10%	0%
21	6%	20%	10%	29%	43%	15%	23%	35%	20%	9%	5%	0%
22	0%	5%	14%	10%	14%	25%	23%	17%	5%	9%	10%	5%
23	0%	5%	10%	19%	5%	5%	5%	13%	5%	17%	10%	0%
24	0%	0%	10%	10%	5%	5%	9%	22%	10%	4%	14%	0%

Таблица 3

Почасовые доли случаев, в которых Црsv < Цбр, в выходные дни 2012 года с помесечной разбивкой

Часы	январь 2012	февраль 2012	март 2012	апрель 2012	май 2012	июнь 2012	июль 2012	август 2012	сентябрь 2012	октябрь 2012	ноябрь 2012	декабрь 2012
1	0%	11%	20%	11%	0%	0%	11%	13%	0%	13%	11%	0%
2	7%	11%	0%	11%	0%	0%	22%	13%	0%	13%	11%	0%
3	7%	11%	0%	11%	20%	10%	33%	13%	30%	38%	22%	10%
4	13%	11%	40%	11%	30%	10%	33%	38%	50%	25%	22%	10%
5	40%	22%	60%	33%	40%	10%	56%	63%	70%	100%	56%	30%
6	53%	78%	80%	33%	60%	30%	56%	63%	60%	100%	89%	60%
7	53%	67%	60%	11%	70%	30%	33%	63%	90%	100%	78%	80%
8	80%	78%	60%	22%	70%	50%	33%	50%	100%	75%	89%	90%
9	67%	89%	60%	22%	70%	70%	44%	50%	60%	75%	44%	90%
10	47%	56%	50%	22%	50%	30%	33%	38%	40%	63%	11%	80%
11	40%	33%	50%	22%	30%	10%	22%	13%	40%	50%	0%	50%
12	27%	44%	40%	22%	10%	20%	22%	13%	40%	50%	0%	40%
13	27%	44%	30%	11%	20%	30%	22%	25%	30%	50%	0%	40%
14	20%	33%	30%	11%	10%	30%	22%	25%	20%	50%	0%	50%
15	33%	33%	10%	11%	10%	20%	22%	13%	20%	50%	0%	20%
16	40%	22%	20%	11%	0%	20%	22%	13%	20%	63%	44%	50%
17	40%	33%	30%	11%	0%	30%	33%	13%	20%	75%	89%	80%
18	40%	22%	40%	11%	0%	20%	33%	13%	40%	63%	100%	60%
19	33%	33%	40%	11%	30%	0%	22%	13%	70%	50%	22%	20%
20	27%	0%	10%	11%	20%	0%	22%	13%	70%	50%	0%	10%
21	27%	0%	10%	22%	50%	30%	22%	25%	70%	38%	22%	10%
22	0%	11%	0%	11%	20%	40%	33%	13%	40%	38%	11%	10%
23	7%	11%	0%	11%	0%	20%	22%	0%	20%	25%	11%	0%
24	0%	11%	0%	0%	10%	10%	0%	0%	20%	38%	22%	10%

ции по учету ценовых соотношений отдельно для рабочих и выходных дней.

На основании принятых допущений о ценовых соотношениях для построения табл. 4 были приняты условные обозначения для интервалов с различными ценовыми тенденциями. Название «Минимум» носят часовые интервалы, в которых на основании принятых допущений наблюдается явная тенденция $Ц_{рсв} < Ц_{бр}$, как правило, они наблюдаются в часы минимума графиков нагрузки энергосистемы. Название «Максимум» носят часовые интервалы, в которых на основании принятых допущений наблюдается явная тенденция $Ц_{рсв} > Ц_{бр}$, как правило, они наблюдаются в часы максимума графиков нагрузки энергосистемы. Название «Полупик» носят часовые интервалы, в которых часовые тенденции ценовых соотношений согласно принятым допущениям определить сложно. Интервал «Полупик», как правило, проявляется в полупиковые часы графиков нагрузки энергосистемы.

Для каждого из представленных типов часовых интервалов в таблице приведено действие по последующему учету ценового соотношения в

прогнозом графике электропотребления (снижение графика, увеличение графика или корректировка графика не проводятся).

Количество выявленных часовых интервалов, которые характеризуются высокой прогнозной вероятностью, для рабочих дней составляет 14 часов, для выходных – 17. В остальных часовых интервалах тенденции ценовых соотношений являются неявными.

Для проверки достоверности выбранных часовых интервалов, представленных в табл. 4, на предмет высокой доли преобладания ценовых соотношений проведем их отдельный анализ. Для этого из исходных массивов имеющихся данных за 2010–2012 годы произведем следующие выборки. Анализ данных будет проводиться для каждого года в отдельности. Также массивы данных каждого года поделены на четыре группы по типу дня (рабочий и выходной) и типу периода (максимум и минимум). Тип периода «полупик» анализироваться не будет по причине неявности ценовых соотношений внутри данного периода.

Представим пример выборки исходных дан-

Таблица принятия решений по учету ценовых соотношений
в прогнозом графике электропотребления

Таблица 4

Час	Рабочие дни			Выходные дни		
	Тенденция соотношения цен	Обозначение типа периода	Направление корректировки прогнозного графика	Тенденция соотношения цен	Обозначение типа периода	Направление корректировки прогнозного графика
1	$Ц_{рсв} > Ц_{бр}$	минимум	Снижение	$Ц_{рсв} > Ц_{бр}$	минимум	Снижение
2	$Ц_{рсв} > Ц_{бр}$	минимум	Снижение	$Ц_{рсв} > Ц_{бр}$	минимум	Снижение
3	$Ц_{рсв} > Ц_{бр}$	минимум	Снижение	$Ц_{рсв} > Ц_{бр}$	минимум	Снижение
4	Тенденция неявная	полупик	Не проводится	$Ц_{рсв} > Ц_{бр}$	минимум	Снижение
5	Тенденция неявная	полупик	Не проводится	Тенденция неявная	полупик	Не проводится
6	$Ц_{рсв} < Ц_{бр}$	максимум	Увеличение	$Ц_{рсв} < Ц_{бр}$	максимум	Увеличение
7	$Ц_{рсв} < Ц_{бр}$	максимум	Увеличение	$Ц_{рсв} < Ц_{бр}$	максимум	Увеличение
8	$Ц_{рсв} < Ц_{бр}$	максимум	Увеличение	$Ц_{рсв} < Ц_{бр}$	максимум	Увеличение
9	$Ц_{рсв} < Ц_{бр}$	максимум	Увеличение	$Ц_{рсв} < Ц_{бр}$	максимум	Увеличение
10	Тенденция неявная	полупик	Не проводится	Тенденция неявная	полупик	Не проводится
11	Тенденция неявная	полупик	Не проводится	Тенденция неявная	полупик	Не проводится
12	Тенденция неявная	полупик	Не проводится	Тенденция неявная	полупик	Не проводится
13	Тенденция неявная	полупик	Не проводится	Тенденция неявная	полупик	Не проводится
14	Тенденция неявная	полупик	Не проводится	$Ц_{рсв} > Ц_{бр}$	минимум	Снижение
15	Тенденция неявная	полупик	Не проводится	$Ц_{рсв} > Ц_{бр}$	минимум	Снижение
16	$Ц_{рсв} > Ц_{бр}$	минимум	Снижение	$Ц_{рсв} > Ц_{бр}$	минимум	Снижение
17	Тенденция неявная	полупик	Не проводится	Тенденция неявная	полупик	Не проводится
18	Тенденция неявная	полупик	Не проводится	Тенденция неявная	полупик	Не проводится
19	$Ц_{рсв} > Ц_{бр}$	минимум	Снижение	$Ц_{рсв} > Ц_{бр}$	минимум	Снижение
20	$Ц_{рсв} > Ц_{бр}$	минимум	Снижение	$Ц_{рсв} > Ц_{бр}$	минимум	Снижение
21	$Ц_{рсв} > Ц_{бр}$	минимум	Снижение	$Ц_{рсв} > Ц_{бр}$	минимум	Снижение
22	$Ц_{рсв} > Ц_{бр}$	минимум	Снижение	$Ц_{рсв} > Ц_{бр}$	минимум	Снижение
23	$Ц_{рсв} > Ц_{бр}$	минимум	Снижение	$Ц_{рсв} > Ц_{бр}$	минимум	Снижение
24	$Ц_{рсв} > Ц_{бр}$	минимум	Снижение	$Ц_{рсв} > Ц_{бр}$	минимум	Снижение

ных типа периодов «максимум» рабочих дней 2012 года. Согласно табл. 4, в одних сутках рабочего дня с обозначением типа периодов «максимум» расположено четыре часа (6, 7, 8 и 9 часы). Таким образом, массив исходных данных для анализа будет состоять из выборки только указанных часов и только рабочих дней 2012 года. Далее процентная доля количества часов, имеющих соотношение $Ц_{рсв} > Ц_{бр}$ и наоборот – $Ц_{рсв} < Ц_{бр}$. Результаты анализа представлены на рис. 6.

Как видно из рисунка, для интервалов в часы «максимум» рабочих и выходных дней 2012 года соотношения $Ц_{рсв} < Ц_{бр}$ наблюдаются в 76 и 63 % случаев. В 2010 и 2011 годах данное соотношение имеет несколько меньшее значение, чем в 2012 г. Но на основании результатов показателя 2012 года можно сделать вывод о высокой тенденции ценовых соотношений $Ц_{рсв} < Ц_{бр}$ и указанный результат можно применять в процессе прогнозирования электропотребления в 2013 году.

Для интервалов часов «минимум» как рабочих, так и выходных дней 2012 года значение соотношений $Ц_{рсв} < Ц_{бр}$ составляет 16 и 18 %, это значит, что в данных интервалах преобладает об-

ратное ценовое соотношение $Ц_{рсв} < Ц_{бр}$, и его показатели составляют 84 % в рабочие и 82 % в выходные дни. Также данная тенденция наблюдается в 2010 и 2011 годах.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о высокой вероятности преобладания определенных ценовых соотношений в выявленных часовых интервалах. Изложенная информация может существенно повысить эффективность прогнозов планового почасового потребления электроэнергии для субъектов оптового рынка.

Приведем пример применения разработанного подхода учета часовых ценовых соотношений между ценами РСВ и БР на базе дневного прогноза электропотребления.

Основой для применения информации о прогнозных соотношениях цен РСВ и БР является прогнозный почасовой график электропотребления. Согласно правилам оптового рынка электроэнергии, все субъекты, покупающие электроэнергию на оптовом рынке, должны производить почасовое планирование своего спроса на электроэнергию на прогнозный период [7]. Почасовой прогнозный график электропотребления формируется на основании факторов, определяющих будущую

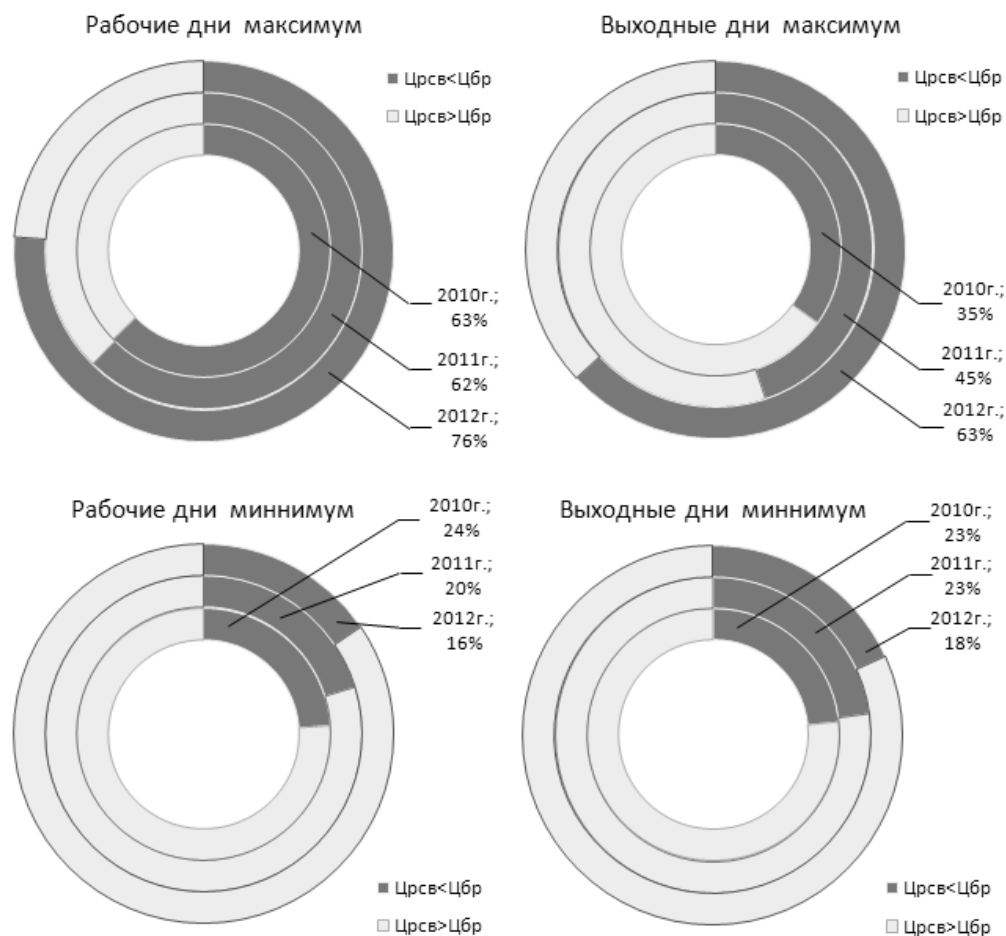


Рис. 6. Распределение ценовых соотношений в часовых периодах «максимум» и «минимум» выходных и рабочих дней 2010–2012 гг.

потребность в электроэнергии [5]. Пример указанного графика представлен на рис. 7.

Учет тенденций оптового рынка в прогнозе электропотребления производится посредством корректировки почасового прогнозного графика. На основании таблицы принятия решений по учету ценовых соотношений (см. табл. 4) каждый час прогнозного графика увеличивается или снижается в направлении, определенном выявленными тенденциями соотношений цен. Также существуют часовые интервалы, в которых тенденция ценовых соотношений является неявной, в данных интервалах корректировка прогнозного графика на

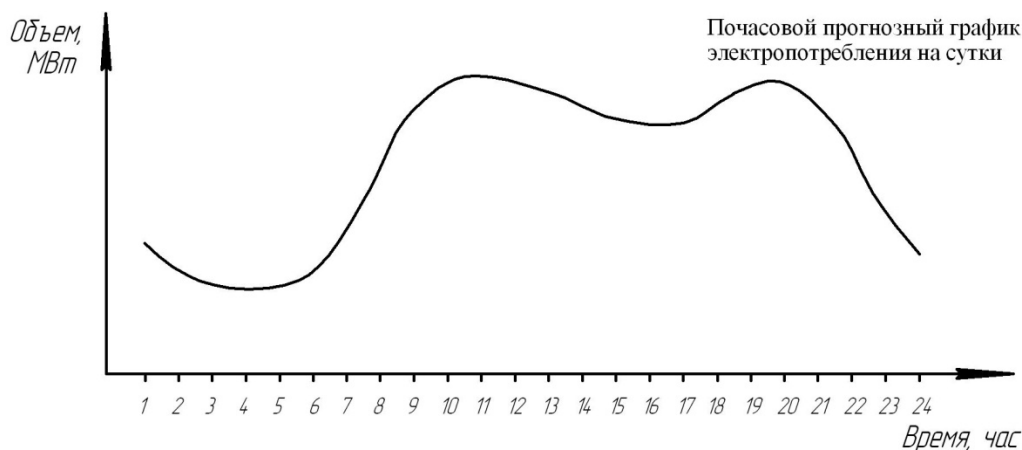


Рис. 7. Пример почасового прогнозного графика электропотребления, сформированного на основании факторов, определяющих потребность в электроэнергии

влияние факторов рынка не производится. Пример корректировки почасового прогнозного графика электропотребления приведен на рис. 8. На данном примере корректировка производится на выявленные интервалы рабочих дней из табл. 4.

Следует упомянуть не только о направлениях, но и о физических величинах корректировки прогнозного графика. Слишком большие отклонения фактических величин от плановых опасны тем, что они могут внести разлад в модель Администратора торговой системы, рассчитывающую цены БР, и тогда прогнозные направления соотношения цен может не совпасть с фактическим. Также при ошибке в прогнозе направления соотношений цен и слишком большой величине корректировки участник попадает под действие штрафов балансирующего рынка, что может привести к большим убыткам. Таким образом, допустимая величина корректировки должна высчитываться экспертами, выполняющими прогноз. Мы же рекомендуем производить корректировку графика на величину, не превышающую среднюю ошибку прогноза графика электропотребления. Средняя величина ошибки прогноза может быть рассчитана при помощи показателя MAPE (средняя абсолютная ошибка в процентах). При качественном прогнозировании почасовых значений электропотребле-

ния средняя ошибка прогноза не должна превышать 5–6 %.

Приведенный метод прогнозирования позволяет не только учесть в прогнозном графике электропотребления потребности в электроэнергии, но и предусмотреть тенденции самого рынка. Применение предложенного подхода позволит участникам оптового рынка существенно снизить объемы штрафов балансирующего рынка и, следовательно, снизить общие затраты на покупку электроэнергии. Тот факт, что результаты исследования были получены на основании реальных ценовых показателей субъекта оптового рынка, существенно по-

вышает ценность предложенного метода учета факторов рынка при прогнозировании электропотребления. Кроме того, достоинствами представленного метода являются сочетание простоты, возможности реализации на базе программных продуктов, а также возможность использования в повседневной деятельности любых энергокомпаний, осуществляющих покупку и продажу электроэнергии на оптовом рынке.

Литература

1. Аюев, Б.И. Рынки электроэнергии и их реализация в ЕЭС России / Б.И. Аюев. — Екатеринбург: УРО РАН, 2007. — 107 с.
2. Браз, В.Р. Корреляционно-регрессионный анализ связи показателей коммерческой деятельности с использованием программы Excel: учебно-методическое пособие / В.Р. Браз. — УГТУ-УПИ, 2005. — 102 с.
3. Елисеева, И.И. Общая теория статистики: учебник / И.И. Елисеева, М.М. Юзбашев; под ред. И.И. Елисеевой. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Финансы и статистика, 2008. — 656 с.
4. Макарова, Н.В. Статистика в Excel: учебное пособие / Н.В. Макарова, В.Я. Трофимец. — М.: Финансы и статистика, 2002. — 364 с.

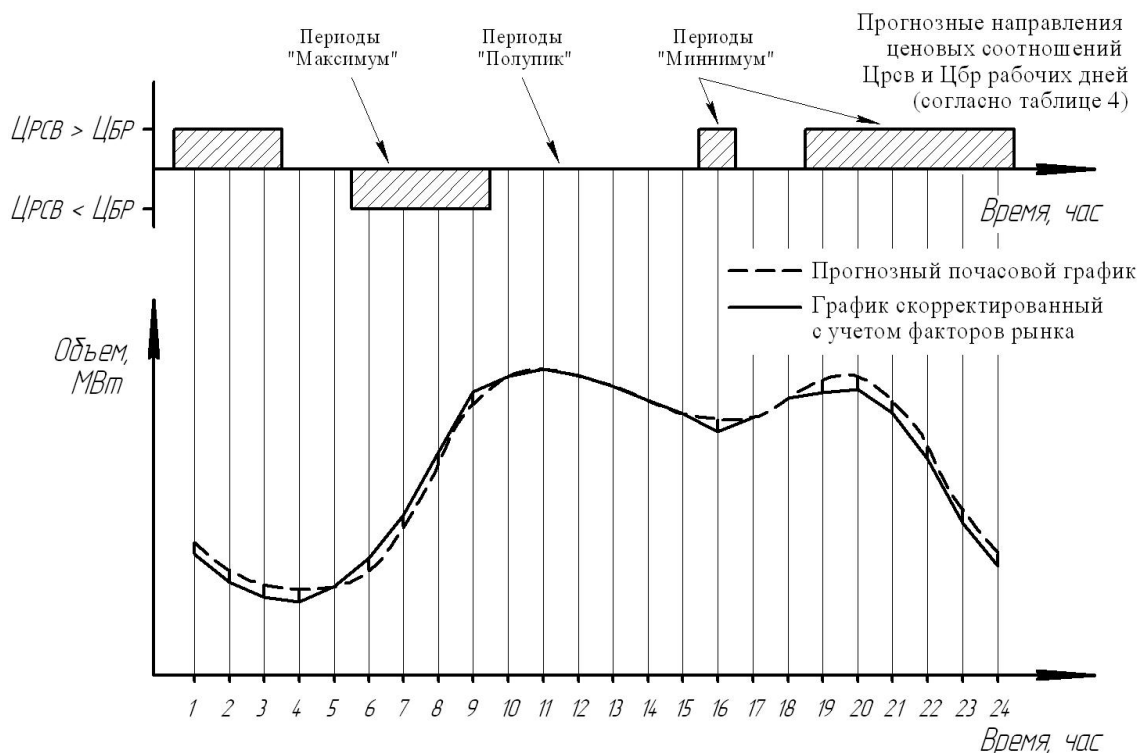


Рис. 8. Пример корректировки прогнозного почасового графика электропотребления, сформированного на основании факторов, определяющих потребность в электроэнергии, на учет тенденций оптового рынка

5. Макоклюев, Б.И. Анализ и планирование электропотребления / Б.И. Макоклюев. – М.: Энергоатомиздат, 2008. – 295 с.

6. Открытое акционерное общество «Администратор торговой системы оптового рынка электроэнергии и мощности». – <http://www.atsenergo.ru/>.

7. Постановление Правительства Российской Федерации «Об утверждении Правил оптового рынка электрической энергии и мощности и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам организации функ-

ционирования оптового рынка электрической энергии и мощности» от 27 декабря 2010 г. № 1172 г.

8. Приложение № 12 к договору о присоединении к торговой системе оптового рынка. Регламент определения объемов, инициатив и стоимости отклонений. Наблюдательный совет НП «Совет рынка» от 28 декабря 2012 года. – <http://www.np-sr.ru>.

9. Чучуева, И.А. Сколько стоит на ОРЭМ повышение точности прогноза энергопотребления на 1 МВт / И.А. Чучуева // Математическое бюро. – <http://www.mbureau.ru/>.

Соловьева Ирина Александровна. Кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и финансы», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск). Область научных интересов – управление инвестиционными и инновационными процессами на предприятии. Контактный телефон: (8-919) 12-12-244, e-mail: dubskih@mail.ru

Дзюба Анатолий Петрович. Начальник технологического отдела Управления закупок электроэнергии, ОАО «Челябэнергосбыт» (г. Челябинск). Область научных интересов – оптовый рынок электроэнергии, прогнозирование электропотребления промышленности. Контактный телефон: (8-908) 05-142-00, e-mail: dzyuba-a@yandex.ru

INDICATORS OF THE MARKET ENVIRONMENT IN THE FORECASTING OF ELECTRICITY CONSUMPTION

I.A. Solovyeva, A.P. Dzyuba

The article is devoted to the issues of forecasting of factors of the market environment for further use by subjects of the wholesale electricity market in forecasting the planned hourly electricity consumption. The authors have examined the correlation of time indices of market prices for a day ahead and the balancing market using the example of a real market entity in the period from 2010 to 2012. According to the survey, the authors compiled a table of decision-making concerning the measurement of price correspondence in the forecast diagram of electricity consumption for workdays and weekends. The article contains an example of the use of research results at the forecast diagram of power consumption. The results enable to improve the energy consumption forecasting, based on the consideration of not only factors determining the demand for electricity, but also factors regarding the trends of wholesale market.

Keywords: forecasting, pricing, wholesale market, power consumption, efficiency.

Irina Aleksandrovna Solovyeva. Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Finance, South Ural State University, Chelyabinsk. Field of scientific interests: management of investment and innovative processes of the enterprise. Tel.: (8-919) 12-12-244. E-mail: dubskih@mail.ru.

Anatoly Petrovich Dzyuba. Head of the Technological Department for Electric Power Procurement of «Chelyabenergosbyt», JSC, Chelyabinsk. Area of scientific interests: wholesale electricity market, forecasting of energy consumption industry. Tel.: (8-908) 05-142-00. E-mail: dzyuba-a@yandex.ru.

Поступила в редакцию 20 июля 2013 г.