

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. И.И. ПОЛЗУНОВА»
ООО «МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ»

Н. А. СЕРЕБРЯКОВ

ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ НА ОПТОВОМ РЫНКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И МОЩНОСТИ

Учебно-методическое пособие

Рекомендовано в качестве учебно-методического пособия для студентов всех форм обучения
по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»



ООО «МЦ ЭОР»
Барнаул - 2023

Внимание! Перед вами версия для изготовления печатной копии электронного издания. Все права принадлежат ООО «МЦ ЭОР». Выходные данные актуальны для электронного издания сетевого распространения <http://mceor.ru/23004>

УДК 338.516.54
ББК 31.261.8я73
С 32

Серебряков, Н. А. Ценообразование на оптовом рынке электроэнергии и мощности: учебно-методическое пособие / Н. А. Серебряков – Барнаул : ООО «МЦ ЭОР», 2023. – 23 с. – ISBN 978-5-6050973-0-3. – URL: <http://mceor.ru/23004> (дата обращения: 27.10.2023). - Текст : электронный.

DOI 10.57112/23004

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», а также будет полезно студентам других направлений при изучении ценообразования в условиях рынка электроэнергии, в том числе тарифного регулирования в электроэнергетике. Учебно-методическое пособие содержит сведения, которые помогут читателям ознакомиться с основными принципами функционирования рынка электрической энергии и мощности.

Рецензент:

Старухин Роман Сергеевич, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

Рассмотрено и утверждено
на заседании кафедры ЭПП
Протокол № 1 от 31.08.2023 г.

Рекомендовано Межрегиональным центром электронных образовательных ресурсов к государственной регистрации в качестве издания для вузов.
Сертификат № 23004

ISBN 978-5-6050973-0-3



© Н. А. Серебряков, 2023
© ООО «МЦ ЭОР», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОСНОВЫ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ НА ОПТОВОМ РЫНКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И МОЩНОСТИ	5
2. РАСЧЕТ ЦЕНЫ ПОКУПКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И МОЩНОСТИ НА ОПТОВОМ РЫНКЕ.....	16
3 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ.....	21
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	22

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на территории Российской Федерации действуют рыночные отношения между субъектами электроэнергетики. В результате реформы электроэнергетической отрасли организован двухуровневый оптовый и розничный рынок электроэнергии и мощности. Основы функционирования электроэнергетического рынка изложены в Федеральном законе «Об электроэнергетике». На уровне оптового рынка электроэнергии и мощности (ОРЭМ) происходит торговля электрической энергией и мощностью между крупными производителями и покупателями электроэнергии. Около 80 % объемов электроэнергии на ОРЭМ реализуется с помощью конкурентных рыночных механизмов: «рынка на сутки вперед» (РСВ) и «балансирующего рынка» (БР). На уровне розничных рынков электроэнергии осуществляется реализация электрической энергии, купленной на ОРЭМ, конечным потребителям.

Так как электроэнергия, как товар имеет ряд специфических свойств, то организация стандартного товарного рынка невозможна. В связи с этим, ценообразование на рынке электроэнергии подчиняется особым правилам, которые жестко регламентируются государством. Следовательно, понимание принципов формирования цен и тарифов, а также объемных и стоимостных показателей потребленной электроэнергии является основой для организации эффективной работы потребителей в условиях электроэнергетического рынка.

В данном учебно-методическом пособии, помимо необходимого теоретического материала, представлены практические задания. Целью выполнения практических заданий, представленных в учебно-методическом пособии, является получение практических и теоретических знаний и умений по дисциплине «Экономика электроэнергетики».

1. ОСНОВЫ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ НА ОПТОВОМ РЫНКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И МОЩНОСТИ

С 01.09.2006 г. в России (РФ) реализуется концепция рыночных взаимоотношений между субъектами электроэнергетической отрасли. С этого момента начал свое функционирование оптовый рынок электроэнергии и мощности. ОРЭМ представляет собой сферу купли-продажи особых товаров – электрической энергии и мощности – в условиях Единой энергетической системы России (ЕЭС). Правовые основы функционирования ОРЭМ устанавливает Федеральный закон от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» [1], Правила оптового рынка электрической энергии и мощности (Постановление правительства РФ от 27 декабря 2010 г. № 1172 «Об утверждении правил оптового рынка электрической энергии и мощности») [2] и иные нормативные правовые акты [3-6], предусмотренные правилами ОРЭМ. Территориально ОРЭМ подразделяется на две ценовые и неценовые зоны (ЦЗ и НЦЗ). Такое деление обусловлено особенностями планирования и ведения режима функционирования энергосистемы, вызванными различием состава генерирующего оборудования и электросетевыми ограничениями на перетоки мощности между ценовыми зонами. На рисунке 1.1 представлена география оптового рынка электроэнергии и мощности России [7].



Рисунок 1.1 – География оптового рынка электроэнергии и мощности России

Первая ценовая зона включает в себя территории Центрального, Северо-Западного, Южного, Северо-Кавказского, Приволжского и Уральского федеральных округов, вторая ценовая зона – территорию Сибирского федерального округа. Неценовые зоны включают в себя территории Архангельской и Калининградской областей, Республики Коми, а также регионы Дальнего Востока. В ценовых зонах ОРЭМ торговля электроэнергией происходит по нерегулируемым ценам. Также в ЦЗ законодательно запрещается совмещать монопольные виды

деятельности с конкурентными, то есть деятельность по транспорту электроэнергии и оперативно-диспетчерскому управлению с деятельностью по генерации и сбыту электроэнергии в границах одной ЦЗ.

В НЦЗ ОРЭМ рыночные отношения между субъектами электроэнергетики в настоящее время невозможны по причинам технологического характера, и торговля электроэнергией и мощностью происходит по особым правилам, регулируемым государством [4].

Особенности функционирования электроэнергетического рынка обуславливаются спецификой электроэнергии как товара, имеющего нижеперечисленные отличительные особенности [8]:

- совпадение во времени процесса генерации и электропотребления;
- отсутствие возможности запастись электроэнергией в количествах, достаточных в масштабах энергосистемы;
- трудность прогнозирования объемов выработки и потребления электроэнергии;
- невозможность точно определить производителя электроэнергии, потребленной тем или иным потребителем;
- на качество электроэнергии практически не влияет технологический уровень генерирующего оборудования, т.е. потребительская ценность электроэнергии, произведенной на атомных и угольных электростанциях, одинакова.

На рисунке 1.2 представлена коммерческая схема электроснабжения в РФ.

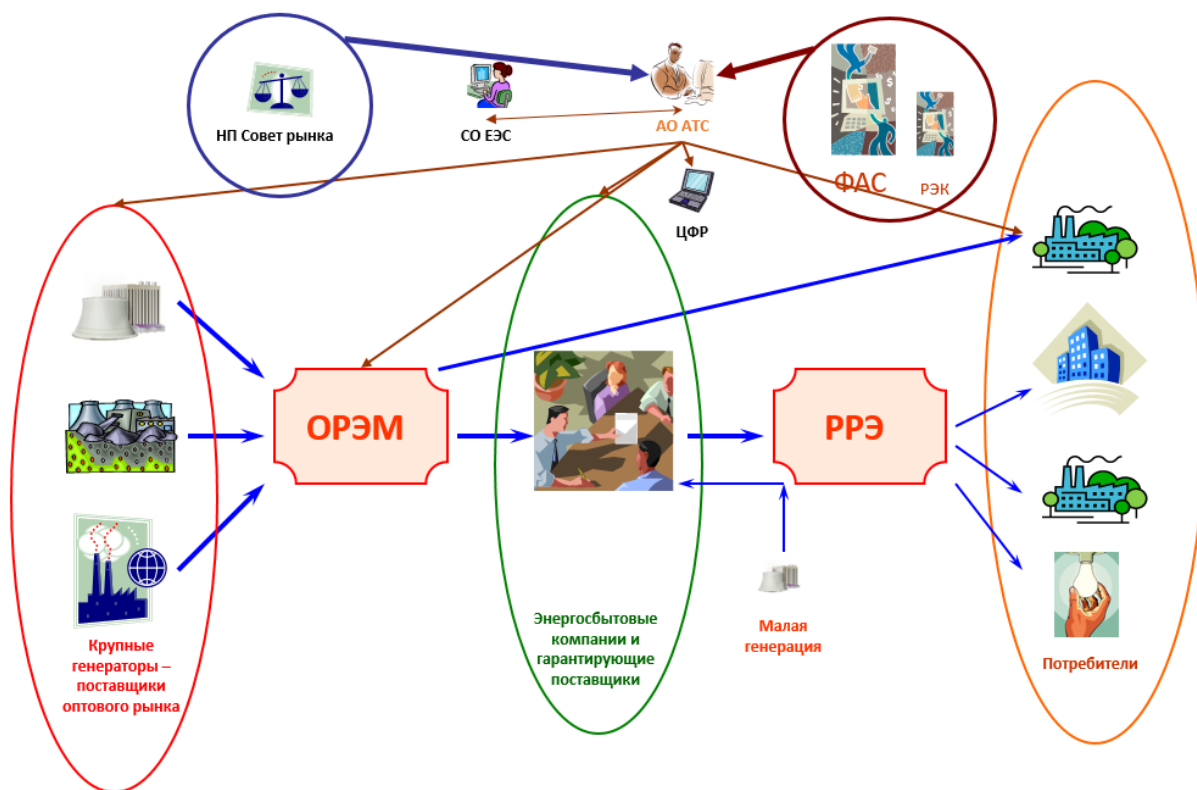


Рисунок 1.2 – Коммерческая схема электроснабжения в РФ

Производство электроэнергии тесно связано с выработкой тепловой энергии, потреблением энергетических ресурсов (газ, нефть, уголь и др.), зависит от резервов гидроресурсов и состояния ядерной энергетики. В свою очередь, цены и тарифы на электроэнергию оказывают прямое воздействие на экономику как отдельных регионов, так и всей страны в целом.

В настоящее время на территории РФ функционирует двухуровневый электроэнергетический рынок. Крупные производители и покупатели электроэнергии осуществляют куплю-продажу электрической энергии и мощности на ОРЭМ. Также субъектами ОРЭМ являются организации технологической (Системный оператор ЕЭС (СО ЕЭС), Федеральная сетевая компания ЕЭС (ФСК ЕЭС)) и коммерческой (некоммерческое партнерство Совет рынка, Администратор торговой системы (АО «АТС»), Центр финансовых расчетов (АО «ЦФР)) инфраструктуры ОРЭМ. Производители и покупатели электрической энергии, не участвующие в торговле на ОРЭМ, являются субъектами розничных рынков электрической энергии.

Также особенности функционирования электроэнергетического рынка связаны со структурой генерирующих мощностей [9]. На рисунке 1.3 представлена структура генерирующих мощностей в России.

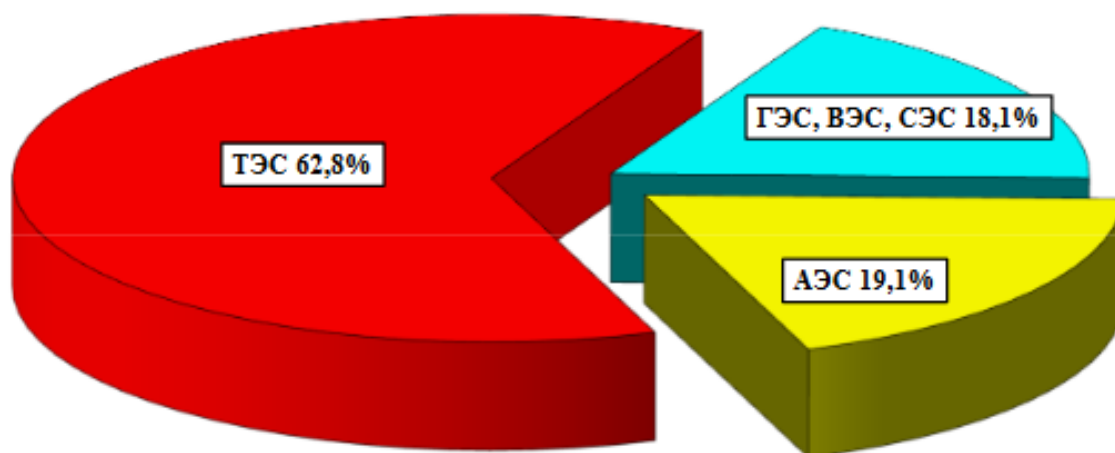


Рисунок 1.3 – Структура генерирующих мощностей в России

Как мы видим из рисунка 1.3, основная доля (62,8 %) генерирующих мощностей приходится на тепловые электростанции (ТЭС). Генерирующее оборудование ТЭС характеризуется малой маневренностью, то есть пуск в работу данного оборудования занимает 6–14 часов. Также на пуск теплового генерирующего оборудования пропорционально его мощности затрачивается большое количество первичных энергоресурсов. Данные обстоятельства делают прогнозирование электропотребления достаточно критичным аспектом управления режимом энергосистемы [10]. В связи с этим покупка электроэнергии на ОРЭМ предполагает краткосрочное прогнозирование собственного почасового электропотребления.

В настоящее время рынок электроэнергии на ОРЭМ состоит из следующих сегментов [11]:

- регулируемых договоров;
- свободных двухсторонних договоров;
- рынка «на сутки вперед» (РСВ);
- «балансирующего рынка» (БР).

Начиная с 2011 года, большая часть объемов электроэнергии продается на конкурентных рынках электроэнергии в связи с уменьшением объемов электроэнергии, продаваемых по регулируемым договорам (РД) [12]. Регулируемые договоры заключаются исключительно в отношении поставки электроэнергии и мощности для населения, приравненных к населению категориям потребителей. Также РД заключаются в отношении потребителей, находящихся на территориях, для которых установлены особые условия функционирования энергетического рынка: Северо-Кавказский регион, республики Тыва, Карелия и Бурятия. Цены и тарифы на электрическую энергию и мощности по регулируемым договорам определяются Федеральной антимонопольной службой России. Объемы поставки электроэнергии и мощности по РД рассчитываются на основании сводного прогнозного баланса производства и потребления электрической энергии.

Ценообразование на спотовых рынках электроэнергии подчиняется маржинальному принципу. Схема маржинального ценообразования на РСВ представлена на рисунке 1.4.

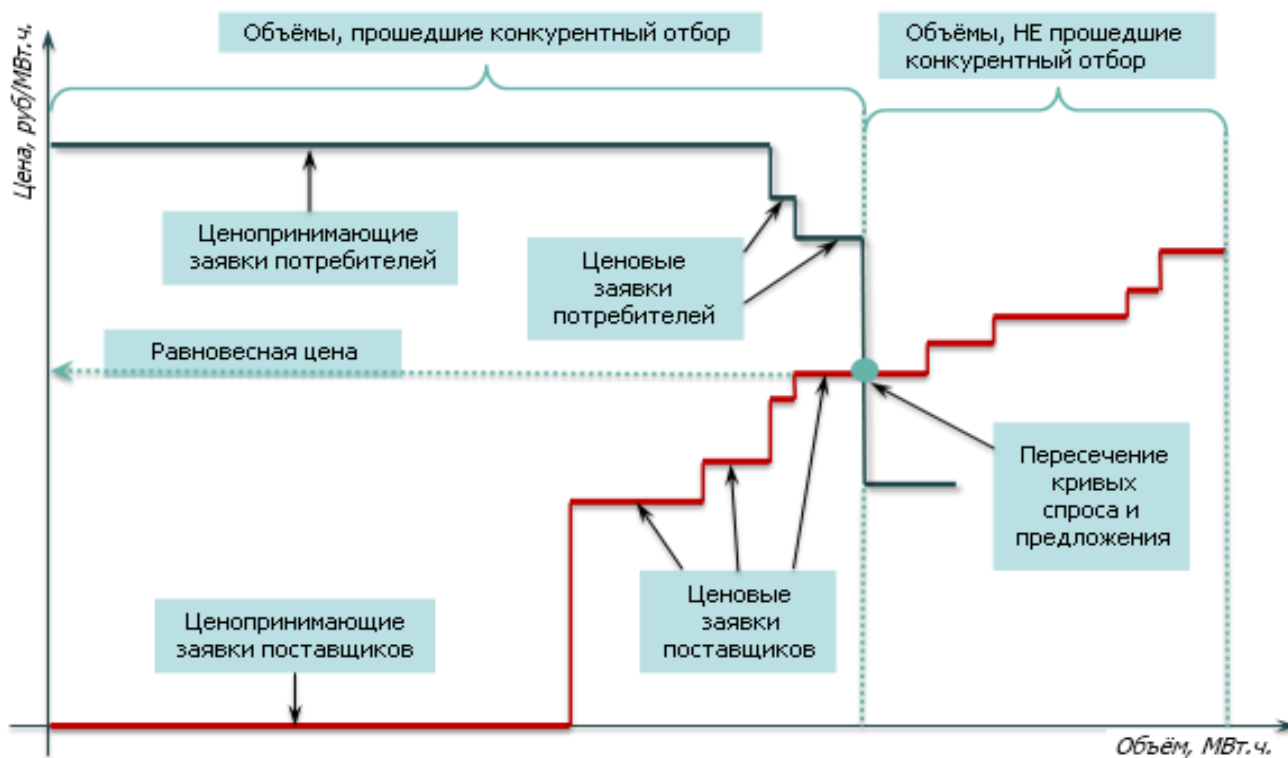


Рисунок 1.4 – Схема маржинального ценообразования на РСВ

В соответствии с маржинальным принципом ценообразования продавцы и покупатели электроэнергии на ОРЭМ планируют собственную почасовую электрическую нагрузку на «сутки вперед» и отправляют ценовую заявку [13]. Ключевыми характеристиками ценовой заявки на покупку электроэнергии на РСВ является почасовой объем и цена электроэнергии. Однако гарантирующие поставщики в связи со спецификой своей деятельности подают ценопринимающие заявки на покупку электроэнергии. При подаче ценопринимающей ценовой заявки участник рынка соглашается купить (продать) необходимый объем электроэнергии по любой цене.

Ценовые заявки покупателей и продавцов электроэнергии формируют кривые спроса и предложения на рынке. Пересечение данных кривых определяет маржинальную почасовую цену электроэнергии на следующие сутки по каждому узлу расчётной математической модели ЕЭС России. По данной цене реализуется большая часть объемов электроэнергии на ОРЭМ.

Как было изложено ранее, для групп точек поставки, в которых имеется население (приравненные к населению группы потребителей), некоторая доля объемов электроэнергии закупается по регулируемым договорам (РД). Оплата объемов электроэнергии, купленных по РД, происходит по регулируемой цене, установленной федеральной антимонопольной службой РФ. Стоит отметить, что цена покупки электроэнергии для населения заметно ниже средневзвешенной цены РСВ [14]. За счет этого реализуется одна из составляющих перекрестного субсидирования, то есть большая часть издержек по производству и передаче электроэнергии закладываются в нерегулируемую цену для прочих потребителей [12].

Торговля отклонениями фактического электропотребления от прогнозного осуществляется на балансирующем рынке в режиме «на час вперед». Цена на «балансирующем рынке» отличается от равновесной цены РСВ в сторону увеличения затрат, то есть покупка электроэнергии на БР происходит по более высокой либо равной, а продажа по меньшей либо равной цене [15].

Купля-продажа электроэнергии и мощности на ОРЭМ осуществляется с помощью групп точек поставки электроэнергии (ГТП). ГТП представляют собой совокупность точек поставки, питающихся от одного узла расчетной модели или относящихся к технологически неделимому энергообъекту, которая определяется Системным и Коммерческим операторами. ГТП определяются исходя из границ зоны деятельности данного ГП [2]. В отношении ГТП на ОРЭМ:

- фиксируется собственное плановое и фактическое почасовое электропотребление, рассчитываемое как сумма сальдо-перетоков электроэнергии с другими ГТП;
- отправляется отдельная ценовая заявка на покупку электроэнергии и мощности;
- определяется величина отклонений фактического электропотребления от прогнозного, а также их стоимость.

Группа точек поставки на оптовом рынке электроэнергии может принадлежать к одному из следующих типов:

- ГТП генерации – при условии, что сумма перетоков данной ГТП может быть только отрицательной за произвольный период времени;
- ГТП потребления – при условии, что сумма перетоков данной ГТП может быть только положительным за произвольный период времени.

Энергосбытовые предприятия и гарантирующие поставщики являются промежуточным звеном между электростанциями и потребителями [15]. Данные организации осуществляют покупку электроэнергии на ОРЭМ с помощью различных рыночных механизмов, а также у малых генерирующих компаний на розничном рынке электроэнергии для дальнейшей ее реализации потребителям на розничном рынке. На рисунке 1.5 представлены плановый и фактический суточные графики потребления электроэнергии ГТП «Южная» гарантирующего поставщика АО «Алтайкрайэнерго» за 05.04.2017 г. с указанием механизмов покупки электроэнергии.

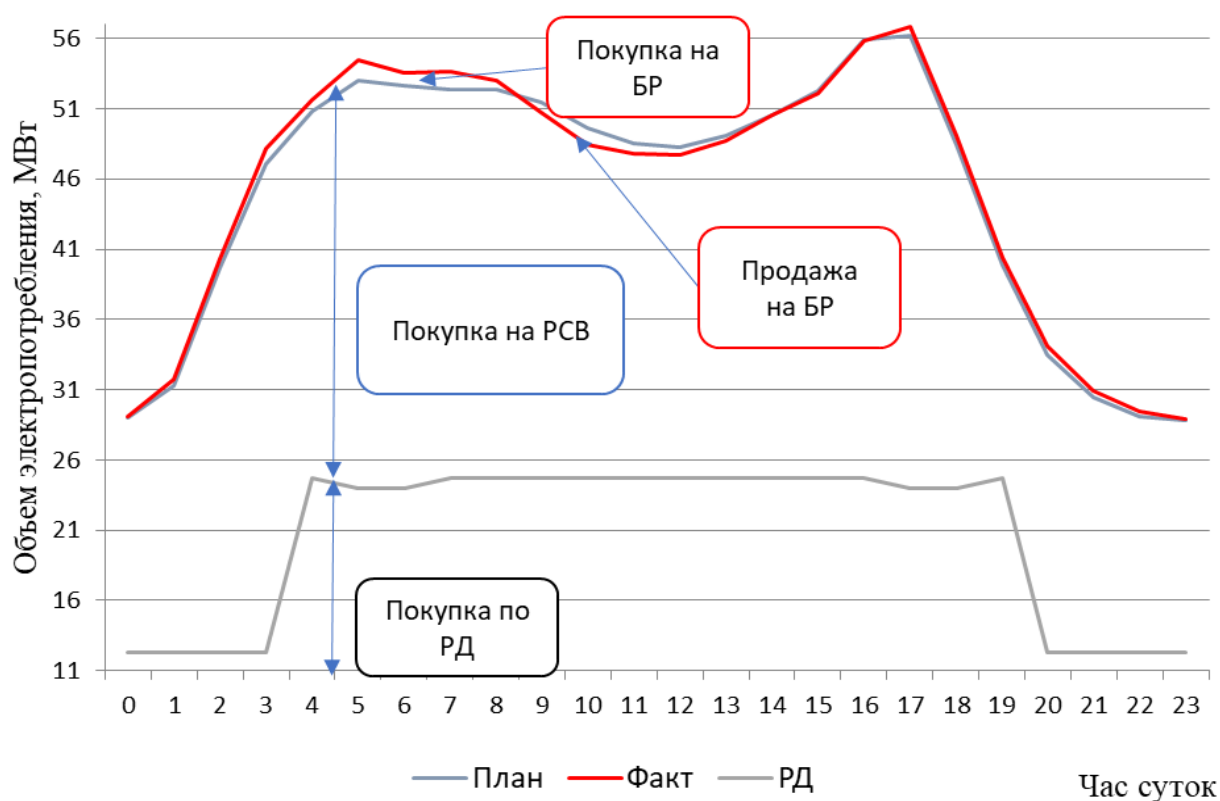


Рисунок 1.5 – Плановый и фактический суточные графики потребления электроэнергии ГТП «Южная» за 05.04.2017 г. с указанием механизмов покупки

Как мы видим из рисунка 1.5, около 40 % почасовых объемов электропотребления ГТП «Южная» покупается по регулируемым ценам. Так как в отношении данной ГТП АО «Алтайкрайэнерго» не заключались СДД, то остальной объем электроэнергии торгуется с помощью спотовых рыночных механизмов РСВ и БР. На рисунке 1.6 представлены суточные графики равновесной цены РСВ и индикатора БР (ИБР) за 05.04.2017 г.

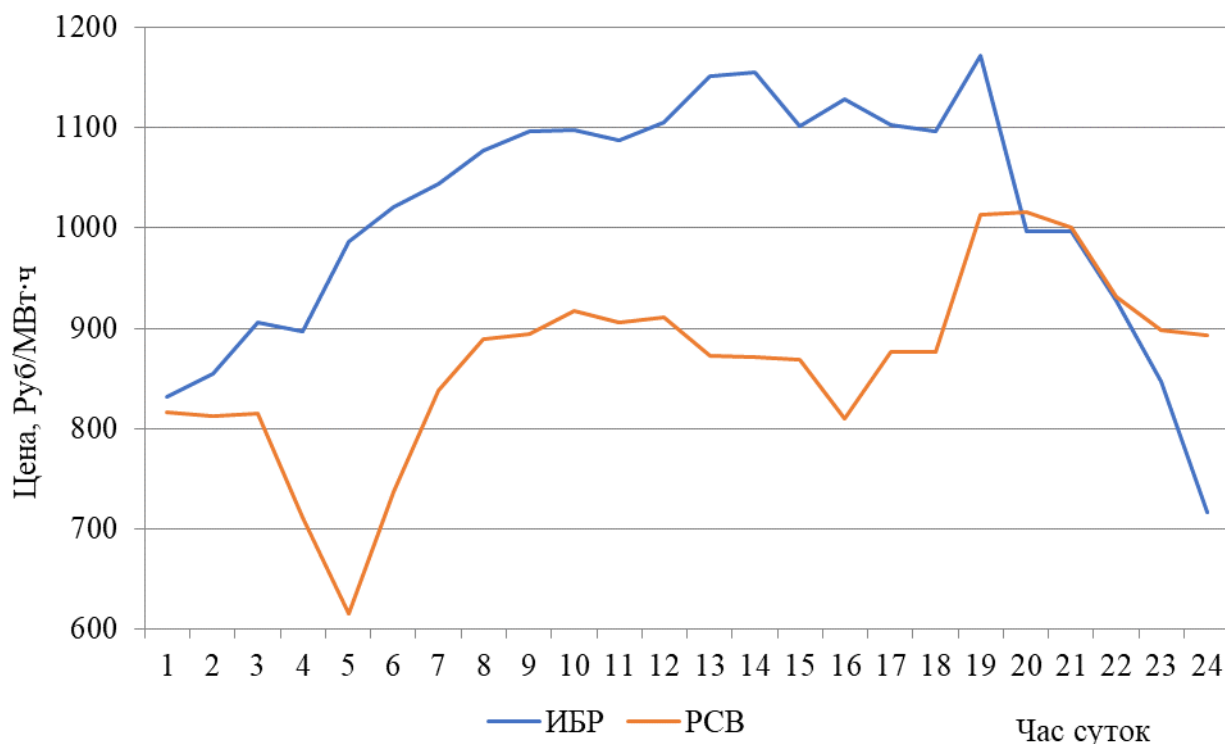


Рисунок 1.6 – Суточные графики равновесной цены РСВ и индикатора БР (ИБР) за 05.04.2017 г.

Как видно из рисунка 1.6, индикатор БР в данные сутки отличался от маржинальной цены РСВ в среднем на 16,5%. Следовательно, покупка отклонений фактического потребления от прогнозного на «балансирующем рынке» повлекла за собой значительные убытки для гарантирующего поставщика вследствие купли-продажи электроэнергии по невыгодной цене БР. Поэтому важнейшим аспектом торговли электроэнергией для гарантирующего поставщика является точность краткосрочного прогнозирования собственного почасового электропотребления.

Электроэнергия, приобретенная гарантирующими поставщиками на ОРЭМ и у розничных генерирующих компаний, реализуется на розничном рынке конечным потребителям по предельному уровню нерегулируемых цен (ПУНЦ) [3]:

$$ПУНЦ = Ц_{ОРЭМ} + T_{Транспорт} + T_{Сбыт} + T_{иные}, \quad (1.1)$$

где $Ц_{ОРЭМ}$ - цена покупки электроэнергии на ОРЭМ; $T_{Транспорт}$ - тариф на передачу электроэнергии; $T_{Сбыт}$ - сбытовая надбавка гарантирующего поставщика; $T_{иные}$ - плата за иные услуги (услуги инфраструктурных организаций).

Около 50 % цены на электроэнергию для конечных потребителей приходится на составляющую покупки электроэнергии и мощности у генерирующих компаний. В свою очередь, цена покупки электроэнергии на ОРЭМ подразделяется:

$$Ц_{ОРЭМ} = P^{ЭЭ} + P^{Мощность}, \quad (1.2)$$

где $P^{\text{ЭЭ}}$ - средневзвешенная по ГТП нерегулируемая цена покупки электроэнергии на ОРЭМ; $P^{\text{Мощность}}$ - цена покупки мощности на ОРЭМ.

Средневзвешенная нерегулируемая цена покупки электроэнергии (СВНЦЭ) на ОРЭМ по группе точек поставки гарантирующего поставщика определяется на основании выражения [16]:

$$P_{j,q,m}^{\text{ЭЭ}} = P_{j,q,m}^{\text{PCB}} + 0.05 \cdot P_{j,q,m}^{\text{БР}} + C_{j,q,m}^{\text{небаланс}}, \quad (1.3)$$

где m – количество часов в расчетном периоде; $P_{j,q,m}^{\text{PCB}}$ – средневзвешенная цена электроэнергии на «рынке на сутки вперед» расчетного периода m по ГТП q участника оптового рынка j ; $P_{j,q,m}^{\text{БР}}$ – средневзвешенная цена электроэнергии на «балансирующем рынке» расчетного периода m по ГТП q участника оптового рынка j ; $C_{j,q,m}^{\text{небаланс}}$ – приходящаяся на единицу электроэнергии величина стоимостного небаланса «рынка сутки вперед» и «балансирующего рынка».

Средневзвешенная цена электроэнергии на «рынке на сутки вперед» определяется на основании выражения:

$$P_{j,q,m}^{\text{PCB}} = \frac{\sum_{h \in m^z} P_{j,q,h}^{\text{ЭЭ}} \cdot V_{j,q,h}^{\text{Э,план}}}{\sum_{h \in m^z} V_{j,q,h}^{\text{Э,план}}} \quad (1.4)$$

где $P_{j,q,h}^{\text{ЭЭ}}$ – нерегулируемая цена на электрическую энергию на «рынке на сутки вперед» в час h месяца m участника ОРЭМ j по ГТП q с учетом стоимости нагрузочных потерь; $V_{j,q,h}^{\text{Э,план}}$ – плановый объем электропотребления гарантирующего поставщика без учета объемов покупки в отношении населения в час h месяца m для участника оптового рынка j по ГТП q ;

Средневзвешенная цена электроэнергии на «балансирующем рынке» определяется на основании выражения:

$$P_{j,q,m}^{\text{БР}} = \frac{\sum_{h \in m} (P_{j,q,h}^{\text{модуль}} \times V_{j,q,h}^{\text{Э}})}{\sum_{h \in m} V_{j,q,h}^{\text{Э}}} = \frac{\sum_{h \in m} (|C_{j,q,h}^{\text{PCB}} - I_{j,q,h}^{\text{БР}}| \times V_{j,q,h}^{\text{Э}})}{\sum_{h \in m} V_{j,q,h}^{\text{Э}}}, \quad (1.5)$$

где $P_{j,q,h}^{\text{модуль}}$ – модуль разности индикатора БР и равновесной цены на РСВ, рассчитанный для часа h расчетного периода m участника оптового рынка j по ГТП q ; $V_{j,q,h}^{\text{Э}}$ – фактический объем электропотребления гарантирующего поставщика без учета объема покупки по РД в час h расчетного периода m участника оптового рынка j по ГТП q ; $C_{j,q,h}^{\text{PCB}}$ – узловая цена покупки электроэнергии на «рынке на сутки вперед» без учета стоимости нагрузочных потерь; $I_{j,q,h}^{\text{БР}}$ – индикатор стоимости покупки электроэнергии на «балансирующем рынке».

Как видно из выражения 1.1 и выражения 1.2, стоимость 5 % отклонений фактического электропотребления от прогнозного учитывается при расчете цены электроэнергии на ОРЭМ. Так как в соответствии с выражениями 1.1–1.2 цена электроэнергии на ОРЭМ является составляющей цены для конечных потребителей, то можно сделать вывод о том, что стоимость 5 % отклонений оплачивается конечными потребителями. Соответственно, финансовый результат гарантирующего поставщика напрямую зависит от точности краткосрочного прогнозирования почасового электропотребления по каждой ГТП. Чем выше точность прогнозирования, тем выше прибыль ГП и, наоборот, отклонения свыше 5 % несут за собой чистые убытки для гарантирующего поставщика. Как показывает практика, для получения адекватных финансовых результатов гарантирующему поставщику необходимо прогнозировать собственное почасовое электропотребление для покупки электроэнергии на РСВ с точностью свыше 2,5 % [14].

Приходящаяся на единицу электроэнергии величина стоимостного небаланса «рынка сутки вперед» и «балансирующего рынка» определяется на основании выражения [16]:

$$C_{j,q,t}^{\text{небаланс}} = \frac{S_{\text{небаланс}}^{\text{РСВ}} + S_{\text{небаланс}}^{\text{БР}}}{\sum_{h \in t} V_{j,q,h}^{\text{Э}}}, \quad (1.6)$$

где $S_{\text{небаланс}}$ – величина стоимостного небаланса «рынка на сутки вперед», распределяемого на участников ОРЭМ; $S_{\text{небаланс}}^{\text{БР}}$ – величина стоимостного небаланса «балансирующего рынка», распределяемого на участников ОРЭМ.

Величина стоимостного небаланса РСВ зависит от принятых решений по управлению режимом энергосистемы: выбора состава включенного генерирующего оборудования, величины нагрузочных потерь при транспортировке электроэнергии и т.п. В то же время величина стоимостного небаланса БР распределяется на участников пропорционально объему отклонений фактического электропотребления от прогнозного, купленного на БР:

$$S_{\text{небаланс}}^{\text{БР}} \sim V^{\text{БР}}, \quad (1.7)$$

где $V^{\text{БР}}$ – объем купли-продажи электроэнергии на «балансирующем рынке».

Цена мощности на оптовом рынке определяется на основании выражения:

$$P_{j,q,t}^{\text{мощность}} = \frac{S_{j,q,t}^{\text{M-план}} + \Delta S_{j,q,t}^{\text{мощность}}}{N_{j,q,t} - N_{j,q,t}^{\text{нас}}}, \quad (1.8)$$

где $S_{j,q,t}^{\text{M-план}}$ – рассчитываемая коммерческим оператором для расчетного периода t плановая стоимость покупки мощности по всем договорам, заключенным покупателем электроэнергии на ОРЭМ в соответствии с Правилами оптового рынка

электрической энергии и мощности [2] и обеспечивающим приобретение мощности, за исключением регулируемых договоров; $\Delta S_{j,q,t}^{мощность}$ – корректировка стоимости мощности, рассчитываемая для расчетного периода t ; $N_{j,q,t}$ – объем фактического пикового потребления участника оптового рынка j , рассчитываемый для расчетного периода t по ГТП q . $N_{j,q,t}^{нас}$ – объем потребления мощности населением и приравненными к нему категориями потребителей, исходя из которого Коммерческий оператор оптового рынка определяет объем поставки мощности для расчетного периода t по регулируемым договорам.

Плановая стоимость покупки мощности на ОРЭМ определяется на основании выражения:

$$S_{j,q,t}^{M_план} = S_{j,q,t}^{план_КОМ} + S_{j,q,t}^{план_прочие}, \quad (1.9)$$

где $S_{j,q,t}^{план_КОМ}$ – плановая стоимость мощности по заключенным договорам конкурентного отбора мощности (КОМ); $S_{j,q,t}^{план_прочие}$ – плановая стоимость мощности по заключенным договорам, за исключением объемов поставки по регулируемым ценам населению и приравненным категориям потребителей (РД) и договорам КОМ.

Плановая стоимость покупки мощности по договорам КОМ определяется на основании выражения:

$$S_{j,q,t}^{план_КОМ} = \alpha_{q,j,m,z}^{ЦЗ_КОМ} \cdot S_{m,z}^{план_КОМ}, \quad (1.10)$$

где $\alpha_{q,j,m,z}^{ЦЗ_КОМ}$ – доля, которую пиковое потребление ГТП потребления q занимает в суммарном значении такого пикового потребления в ценовой зоне z , используемая при расчете стоимости покупки мощности по договорам КОМ; $S_{m,z}^{план_КОМ}$ – плановая стоимость мощности, соответствующая покупке мощности в отношении ценовой зоны по договорам КОМ.

Плановая стоимость мощности по заключенным договорам, за исключением объемов поставки по РД и договорам КОМ, определяется на основании выражения:

$$S_{j,q,t}^{план_прочие} = \alpha_{q,j,m,z}^{ЦЗ} \cdot S_{m,z}^{план_прочие}, \quad (1.11)$$

где $\alpha_{q,j,m,z}^{ЦЗ}$ – доля, которую пиковое потребление ГТП потребления q занимает в суммарном значении такого пикового потребления в ценовой зоне z ; $S_{m,z}^{план_прочие}$ – плановая стоимость мощности, соответствующая покупке мощности в отношении ценовой зоны по договорам предоставления мощности (ДПМ), договорам предоставления мощности возобновляемых источников энергии (ДПМ ВИЭ), договорам на модернизацию (КОММод), договорам с объектами, поставляющими мощность в вынужденном режиме (ВР).

Величина корректировки стоимости мощности определяется следующим образом:

$$\Delta S_{j,q,t}^{\text{мощность}} = S_{j,q,t-1}^{M\text{-факт}} - S_{j,q,t-1}^{M\text{-план}}, \quad (1.12)$$

где $S_{j,q,t-1}^{M\text{-факт}}$ – рассчитываемая Коммерческим оператором в соответствии с Договором о присоединении к торговой системе оптового рынка для расчетного периода $t-1$ фактическая стоимость покупки мощности по всем договорам, заключенным в соответствии с Правилами оптового рынка электрической энергии и мощности [2].

Фактическая стоимость покупки мощности на ОРЭМ за предыдущий расчетный период определяется на основании выражения:

$$S_{j,q,t-1}^{M\text{-факт}} = S_{j,q,t-1}^{КОМ} + S_{j,q,t-1}^{\text{прочие}} - S_{j,q,t-1}^{\text{штраф}}, \quad (1.13)$$

где $S_{j,q,t-1}^{КОМ}$ – фактическая стоимость мощности по заключенным договорам конкурентного отбора мощности (КОМ); $S_{j,q,t-1}^{\text{прочие}}$ – фактическая стоимость мощности по заключенным договорам, за исключением объемов поставки по регулируемым ценам населению и приравненным категориям потребителей (РД) и договорам КОМ; $S_{j,q,t-1}^{\text{штраф}}$ – сумма штрафов по заключенным договорам покупки мощности на ОРЭМ.

2. РАСЧЕТ ЦЕНЫ ПОКУПКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И МОЩНОСТИ НА ОПТОВОМ РЫНКЕ

Пример 1

Рассчитать средневзвешенную нерегулируемую цену покупки электроэнергии по группе точек поставки гарантирующего поставщика на оптовом рынке. Данные о почасовой цене на «рынке на сутки вперед» представлены в таблице 1 приложения А. Данные о плановом почасовом электропотреблении ГТП представлены в таблице 2 приложения А. Данные о фактическом почасовом электропотреблении ГТП представлены в таблице 3 приложения А. Данные о почасовом индикаторе на «балансирующем рынке» представлены в таблице 4 приложения А. Данные об узловой цене покупки электроэнергии на «рынке на сутки вперед» без учета стоимости нагрузочных потерь представлены в таблице 5 приложения А. Стоимостной небаланс РСВ составляет $S_{небаланс}^{PCB} = 48139,01$ руб/МВт·ч. Стоимостной небаланс РСВ составляет $S_{небаланс}^{BP} = 124670,59$ руб/МВт·ч.

Решение

Исходя из выражения 1.3 сначала необходимо определить средневзвешенную цену электроэнергии на «рынке на сутки вперед». Исходными данными для расчета средневзвешенной цены РСВ являются данные о почасовой цене на «рынке на сутки вперед», представленные в таблице 1 приложения А, а также данных о плановом почасовом электропотреблении ГТП, представленных в таблице 2 приложения А:

$$P_{j,q,m}^{PCB} = \frac{\sum_{h \in m^c} P_{j,q,h}^{э/э} \cdot V_{j,q,h}^{э,план}}{\sum_{h \in m^c} V_{j,q,h}^{э,план}} = \frac{18\,854\,643,88}{16318,3} = 1145,43 \text{ руб} / \text{МВт} \cdot \text{ч}$$

Далее определим средневзвешенную цену электроэнергии на «балансирующем рынке» на основании данных об узловой цене покупки электроэнергии на «рынке на сутки вперед» без учета стоимости нагрузочных потерь, представленных в таблице 5 приложения А, данных о почасовом индикаторе на «балансирующем рынке» представлены в таблице 4 приложения А, а также данных о фактическом почасовом электропотреблении ГТП, представленных в таблице 3 приложения А:

$$P_{j,q,m}^{BP} = \frac{\sum_{h \in m} (P_{j,q,h}^{модуль} \times V_{j,q,h}^{э})}{\sum_{h \in m} V_{j,q,h}^{э}} = \frac{\sum_{h \in m} (|C_{j,q,h}^{PCB} - I_{j,q,h}^{BP}| \times V_{j,q,h}^{э})}{\sum_{h \in m} V_{j,q,h}^{э}} = \frac{2\,118\,491,03}{16398,81} = 129,19 \text{ руб} / \text{МВт} \cdot \text{ч}$$

Затем определим приходящуюся на единицу электроэнергии величину стоимостного небаланса «рынка сутки вперед» и «балансирующего рынка»

$$C_{j,q,m}^{\text{небаланс}} = \frac{S_{\text{небаланс}}^{\text{PCB}} + S_{\text{небаланс}}^{\text{БР}}}{\sum_{h \in m} V_{j,q,h}^{\text{Э}}} = \frac{48139,01 + 124670,59}{16398,81} = 10,54 \text{ руб/МВт} \cdot \text{ч}$$

Средневзвешенная нерегулируемая цена покупки электроэнергии на ОРЭМ по группе точек поставки гарантирующего поставщика равна:

$$P_{j,q,m}^{\text{Э/Э}} = P_{j,q,m}^{\text{PCB}} + 0,05 \cdot P_{j,q,m}^{\text{БР}} + C_{j,q,m}^{\text{небаланс}} = 1145,43 + 0,05 \cdot 129,19 + 10,54 = 1172,43 \text{ руб./ МВт} \cdot \text{ч}$$

Задание 1

Рассчитать средневзвешенную нерегулируемую цену покупки электроэнергии по группе точек поставки гарантирующего поставщика на оптовом рынке в соответствии с вариантом заданий. Данные о почасовой цене на «рынке на сутки вперед» представлены в таблице 1 приложения А. Данные о плановом почасовом электропотреблении ГТП представлены в таблице 2 приложения А. Данные о фактическом почасовом электропотреблении ГТП представлены в таблице 3 приложения А. Данные о почасовом индикаторе на «балансирующем рынке» представлены в таблице 4 приложения А. Данные об узловой цене покупки электроэнергии на «рынке на сутки вперед» без учета стоимости нагрузочных потерь представлены в таблице 5 приложения А. Данные о стоимостном небалансе на «рынке на сутки вперед» и балансирующем рынке представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – варианты заданий

Номер варианта	Стоимость небаланса РСВ $S_{\text{небаланс}}^{\text{PCB}}$, руб.	Стоимость небаланса БР $S_{\text{небаланс}}^{\text{БР}}$, руб.
1	9830,87	51105,51
2	-19129,92	49688,54
3	-62431,71	59341,45
4	-28259,14	78490,32
5	23618,44	82526,16
6	-19571,75	114454,51
7	-16489,78	76821,05
8	71403,59	80432,41
9	-110204,66	7553,82
10	-17983,47	71573,54
11	-108420,95	56720,36
12	-232326,44	40126,48
13	-97629,75	59650,48
14	-153759,64	25535,19
15	-139977,6	16151,24
16	17880,06	21370,66
17	-14908,42	40782,89

Продолжение таблицы 2.1

18	-91239,03	53597,31
19	-95532,55	50909,19
20	-130887,69	55144,85
21	-74962,18	12700,4
22	-36822,49	35425,8
23	-93364,68	63145,2
24	-74668,07	46384,31
25	87103,08	85286,35
26	66090,73	61278,64
27	79335,25	83151,28
28	65143,08	69733,89
29	53236,97	54418,55
30	50491,66	52052,43

Пример 2

Рассчитать цену покупки мощности на ОРЭМ в соответствии с исходными данными, представленными в таблице 2.2. Плановая стоимость покупки мощности по ценовой зоне: по договорам КОМ $S_{m,z}^{план_КОМ} = 11\,341\,013\,287,8$ руб., по договорам ДПМ $S_{m,z}^{план_ДПМ} = 4\,709\,570\,825,39$ руб., по договорам ДПМ ВИЭ $S_{m,z}^{план_ДПМ\,ВИЭ} = 945\,427\,673,18$ руб., по договорам КОММод $S_{m,z}^{план_КОММод} = 75\,162\,646,44$ руб.

Таблица 2.2 – Исходные данные

$N_{j,q,m} - N_{j,q,m}^{нас}$, МВт	$S_{j,q,m-1}^{M_план}$, руб.	$S_{j,q,m-1}^{КОМ}$, руб.	$S_{j,q,m-1}^{прочие}$, руб.	$S_{j,q,m-1}^{штраф}$, руб.	$\alpha_{q,j,m,z}^{ЦЗ_КОМ}$, 10 ⁻⁵ отн. ед.	$\alpha_{q,j,m,z}^{ЦЗ}$, 10 ⁻⁵ отн. ед.
0,459	387782,07	262241,68	133836,47	1477,54	2,16	2,20

Решение

В начале расчета определим фактическую стоимость покупки мощности на ОРЭМ за предыдущий расчетный период:

$$S_{j,q,m-1}^{M_факт} = S_{j,q,m-1}^{КОМ} + S_{j,q,m-1}^{прочие} - S_{j,q,m-1}^{штраф} = 262241,68 + 133836,47 - 1477,54 = 394600,61 \text{ руб.}$$

Далее определим величину корректировки стоимости мощности следующим образом:

$$\Delta S_{j,q,m}^{мощность} = S_{j,q,m-1}^{M_факт} - S_{j,q,m-1}^{M_план} = 394600,61 - 387782,07 = 6818,54 \text{ руб.}$$

Рассчитаем плановую стоимость покупки мощности по договорам КОМ:

$$S_{j,q,m}^{план_КОМ} = \alpha_{q,j,m,z}^{ЦЗ_КОМ} \cdot S_{m,z}^{план_КОМ} = 2,16 \cdot 10^{-5} \cdot 11\,341\,013\,287,8 = 244\,484,80 \text{ руб.}$$

Затем определим плановую стоимость мощности по заключенным договорам, за исключением объемов поставки по РД и договорам КОМ:

$$S_{j,q,m}^{план_прочие} = \alpha_{q,j,m,z}^{ЦЗ} \cdot S_{m,z}^{план_прочие} = 2,2 \cdot 10^{-5} \cdot (4\,709\,570\,825,39 + 945\,427\,673,18 + 75\,162\,646,44) = 126\,064,4 \text{ руб.}$$

Затем рассчитаем плановую стоимость покупки мощности на ОРЭМ:

$$S_{j,q,m}^{M_план} = S_{j,q,m}^{план_КОМ} + S_{j,q,m}^{план_прочие} = 244\,484,8 + 126\,064,4 = 370\,549,21 \text{ руб.}$$

Наконец определим цену покупки мощности на оптовом рынке:

$$P_{j,q,m}^{мощность} = \frac{S_{j,q,m}^{M_план} + \Delta S_{j,q,m}^{мощность}}{N_{j,q,m} - N_{j,q,m}^{нас}} = \frac{370\,549,21 + 6818,54}{0,459} = 822\,151,95 \text{ руб./ МВт} \cdot \text{ч}$$

Задание 2

Рассчитать цену покупки мощности на ОРЭМ в соответствии с исходными данными, представленными в таблице 2.3. Плановая стоимость покупки мощности по ценовой зоне: по договорам КОМ $S_{m,z}^{план_КОМ} = 11\,341\,013\,287,8$ руб., по договорам ДПМ $S_{m,z}^{план_ДПМ} = 4\,709\,570\,825,39$ руб., по договорам ДПМ ВИЭ $S_{m,z}^{план_ДПМ\,ВИЭ} = 945\,427\,673,18$ руб., по договорам КОММод $S_{m,z}^{план_КОММод} = 75\,162\,646,44$ руб.

Таблица 2.3 – Исходные данные

Вариант	$N_{j,q,m} - N_{j,q,m}^{нас}$, МВт	$S_{j,q,m-1}^{M_план}$, руб.	$S_{j,q,m-1}^{КОМ}$, руб.	$S_{j,q,m-1}^{прочие}$, руб.	$S_{j,q,m-1}^{штраф}$, руб.	$\alpha_{q,j,m,z}^{ЦЗ_КОМ}$, 10^{-5} отн. ед.	$\alpha_{q,j,m,z}^{ЦЗ}$, 10^{-5} отн. ед.
1	0,83	567121,43	383256,08	191343,50	2216,30	3,89	3,97
2	7,68	6704775,62	4532538,12	2301146,71	30557,65	36,07	36,82
3	8,81	8314110,51	5620522,39	2852388,38	37717,70	41,38	42,23
4	24,03	19215270,27	12990050,32	6609189,01	87553,19	112,87	115,19
5	5,67	5585477,71	3775791,85	1914559,25	25365,33	26,62	27,16
6	1,65	1353697,64	914967,27	463395,00	6009,30	7,76	7,92
7	16,90	14966972,10	10118020,66	5148705,62	68197,16	79,37	81,00
8	5,21	4311224,25	2914638,13	1477044,86	19682,81	24,46	24,96
9	3,11	2845046,13	1923462,21	977209,91	12842,57	14,62	14,92
10	9,06	7764293,72	5248827,64	2663988,65	35416,21	42,54	43,42
11	6,58	5506033,52	3722319,11	1890444,32	24868,16	30,89	31,52
12	0,70	552176,53	373149,40	189050,91	2216,30	3,30	3,37
13	6,60	5715262,72	3863576,90	1957836,46	26196,29	31,01	31,64
14	12,32	11178034,54	7556644,35	3838257,45	50986,22	57,84	59,03
15	0,49	431729,83	237124,89	183630,52	663,69	2,32	2,38
16	0,72	2538418,25	1394277,96	1106856,61	3318,45	3,40	3,48

Продолжение таблицы 2.3

17	8,52	7612198,31	4180443,07	3315760,53	10102,83	40,18	41,20
18	10,57	9236724,92	5072788,95	4024912,87	12315,15	49,82	51,08
19	24,43	20597713,05	11312133,63	8985180,35	27653,74	115,14	118,07
20	7,10	6139732,34	3371670,17	2671419,03	8259,25	33,47	34,32
21	1,72	1464060,62	803497,42	642729,28	1843,58	8,11	8,32
22	19,03	15999982,03	8786942,66	6977888,08	21606,79	89,68	91,96
23	5,48	4799459,73	2636151,48	2092806,30	6341,92	25,83	26,49
24	3,62	3222308,80	1769392,07	1404669,15	4498,34	17,05	17,48
25	9,87	8267052,10	4540584,88	3604908,57	11208,99	46,52	47,71
26	7,00	6267340,93	3442270,83	2731226,38	8554,22	32,99	33,83
27	0,70	569272,03	312442,49	248612,18	737,43	3,31	3,39
28	7,27	6255114,95	3435521,50	2727780,72	8554,22	34,25	35,12
29	14,21	12433053,54	6828061,02	5416862,69	16739,74	66,98	68,68
30	0,46	387782,07	262241,68	133836,47	1477,54	2,16	2,20

3. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какие товары представлены на оптовом рынке электроэнергии и мощности?
2. Как организован электроэнергетический рынок России?
3. Основные субъекта электроэнергетического рынка?
4. Какие территории относятся к первой и второй ценовой зоне ОРЭМ?
5. Структура генерирующих мощностей России?
6. Основные свойства электроэнергии, как товарной продукции?
7. Основные механизмы покупки электроэнергии на оптовом рынке?
8. Что из себя представляет группа точек поставки электроэнергии?
9. Виды ГТП?
10. Каким образом формируется маржинальная цена на электроэнергию на ОРЭМ?
11. По каким ценам продают электроэнергию гарантирующие поставщики конечным потребителям?
12. Составляющие цены на электроэнергию на ОРЭМ?
13. Составляющие цены на мощность на ОРЭМ?
14. От чего зависит величина стоимостного небаланса на ОРЭМ?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Об электроэнергетике : Федеральный закон от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ // Российская газета. – 2003. – № 3174 – Ст. 1.
2. Об утверждении правил оптового рынка электрической энергии и мощности и о внесении изменений в некоторые акты правительства российской федерации по вопросам организации функционирования оптового рынка электрической энергии и мощности : Постановление правительства РФ от 27 декабря 2010 г. № 1172 // Российская газета. – 2011. – № 5447 – Ст. 17.
3. О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии : Постановление правительства РФ от 04 мая 2012 г. № 442 // Российская газета. – 2012. – № 5799 – Ст. 19.
4. О ценообразовании в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике : Постановление правительства РФ от 29 декабря 2011 г. № 1178 // Российская газета. – 2012. – № 5686 – Ст. 19.
5. Об определении и применении гарантирующими поставщиками нерегулируемых цен на электрическую энергию (мощность) : Постановление правительства РФ от 29 декабря 2011 г. № 1179 // Российская газета. – 2012. – № 5686 – Ст. 18.
6. Об утверждении Правил недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам по оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам администратора торговой системы оптового рынка и оказания этих услуг и Правил технологического присоединения энергопринимающих устройств (энергетических установок) юридических и физических лиц к электрическим сетям : Постановление правительства РФ от 27 декабря 2004 г. № 861 // Российская газета. – 2005. – № 3676. – Ст. 45.
7. Ассоциация «Некоммерческое партнерство «Совет рынка»» : официальный сайт – URL : <https://www.np-sr.ru/ru/market/wholesale/index.htm> (дата обращения 15.01.2022)
8. Дамбаева, Е. Ж. Электроэнергия как специфический товар // Известия Иркутской государственной экономической академии. – 2010. – № 2(70). – С.78–81.
9. Серебряков, Н. А. Причины завышенных цен на оптовом рынке электроэнергии и мощности и пути их снижения / Н. А. Серебряков, О. Л. Никитина // Наука и молодежь : Сборник трудов 12–ой Всероссийской научно–технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Барнаул, 22 апреля 2015 г.) / АлтГТУ . – Барнаул : Изд–во Алт. гос. техн. ун–та, 2015. – С. 104–106.
10. Бояркин, Д. А. Использование методов машинного обучения при оценке надежности электроэнергетических систем методом Монте–Карло / Д. А.

Бояркин, Д. С. Крупенев, Д. В. Якубовский // Вестник ЮУрГУ. Серия: Математическое моделирование и программирование. – 2018. – Т. 11. – № 4. – С. 146–153. – DOI : <https://doi.org/10.14529/mmp180411>

11. Бахтеева, Н. З. Конкурентный оптовый рынок электроэнергии и мощности: состояние и новые вызовы / Н. З. Бахтеева, Л. А. Галимзянов, З. В. Шацких // Проблемы энергетики. – 2016. – № 5. – С. 70–78.

12. Стародубцева, А. Е. Перекрестное субсидирование как мера социальной поддержки населения: международный опыт государственного управления на рынке электроэнергии и мощности // Вопросы государственного и муниципального управления. – 2020. – № 2. – С. 114–144.

13. Воронов, Н. Г. Прогнозирование и планирование в условиях рынка : учебник для студентов высших учебных заведений / Н. Г. Воронов, Г. А. Трофимов. – Санкт–Петербург : Изд–во С.–Петерб. ун–та технологий управления и экономики, 2011. – 225 с.

14. Серебряков, Н. А. Создание алгоритма оперативного прогнозирования электропотребления энергосбытовой компании / Н. А. Серебряков, А. А. Грибанов // Наука и молодежь : Сборник трудов 13–ой Всероссийской научно–технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Барнаул, 20–30 апреля 2016 г.). – Барнаул : Изд–во Алт. гос. техн. ун–та, 2016. – С. 48–51.

15. Прогнозирование объемов потребления электроэнергии / И.М. Кирпичникова, Л. А. Саплин, К. Л. Соломахо // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2014. – Т. 14. – № 2. – С. 16–21.

16. Приложение № 16 к договору о присоединении к торговой системе: Регламент финансовых расчетов на оптовом рынке электроэнергии / Ассоциация «Некоммерческое партнерство «Совет рынка»». – URL : <http://www.npsr.ru/regulation/joining/reglaments/index.htm?ssFolderId=76> (дата обращения 23.03.2021).

Николай Александрович Серебряков

ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ НА ОПТОВОМ РЫНКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И МОЩНОСТИ

Учебно-методическое пособие

ИЗДАНО В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ

Электронное издание

Производитель электронного издания:
ООО «МЦ ЭОР», 656043, Алтайский край, г. Барнаул, ул. Ползунова, 40

Сайт: <http://mceor.ru/>
E-mail: mceor@mail.ru

Электронное издательство «Виртуальная литература»

Связаться с издательством: <http://stashko.ru/author>
Заказать издание: +79230097208

Наши издания на ЛитРес: <http://stashko.ru/litres1>

ЛитРес:
ОДИН КЛИК ДО САМОГО
ИНТЕРЕСНОГО!