

Рачинский Андрей

**Реформирование электроэнергетики:
на пути к свободному рынку**

Working Paper #2004/046 R

Данная работа выполнена в рамках ежегодных исследовательских проектов проводимых Российской Экономической Школой. Я благодарен всем участникам проекта, особенно Максиму В. Куковерову (выпускник РЭШ 2004г.) и руководителям проекта Олегу А. Эйсмонту (РЭШ) и Сергею Я. Чернавскому (ЦЭМИ).

**Москва
2004**

Рачинский А.А. Реформирование электроэнергетики: на пути к свободному рынку. / Препринт # 2004/046 R. - М.: Российская Экономическая Школа, 2004. – 15 с. (Рус.)

1 ноября 2003 года начал работу сектор свободной торговли оптового рынка электроэнергии. Параллельное функционирование регулируемого сектора и существующие ограничения в секторе свободной торговли оказывают значительное влияние на состав участников свободного сектора и уровень цен. Теоретический и эмпирический анализ показывает, что в секторе свободной торговли заинтересованы наиболее эффективные производители. В зависимости от состава участников свободного сектора цена на рынке определяется либо соотношением спроса и предложения, либо тарифами для потребителей в регулируемом секторе.

Ключевые слова: реформа электроэнергетики, оптовый рынок электроэнергии.

Rachinsky A.A. Energy Sector Reform: on the Way to Free Market. ./ Working Paper # 2004/046 R. – Moscow, New Economic School, 2004. –15 p. (Rus.)

The launch of electricity market in Russia was on the 1st of November 2003. Constraints in the market and coexistence of regulated sector influence deeply on market participants and market prices. Theoretical and empirical analysis show, that more efficient producers have stronger interest in the market. If sellers dominate the market, supply and demand determine the market price, otherwise the market price approaches to tariff in the regulated sector.

Keywords: energy sector reform, wholesale electricity market.

Введение

К началу XXI века в мире накоплен большой опыт реформирования электроэнергетики (Gilbert and Kahn, 1996). Реформирование происходит в двух основных направлениях: передача контроля из рук государства в частные руки (приватизация) и создание конкурентных рынков электроэнергии для установления рыночных цен вместо регулируемых тарифов (дерегулирование).

Многие страны столкнулись с проблемами на пути реформирования. Так в 90-е годы правительство Великобритании неоднократно вмешивалось в работу оптового рынка электроэнергии с целью понизить рыночную власть крупных генерирующих компаний (Wolfram, 1999). Некоторые исследователи ставят под сомнение положительный эффект реформы для всего общества в целом (Newbery and Pollitt, 1997). Ограничения тарифов на электроэнергию на розничном рынке в Калифорнии, при растущем спросе на электроэнергию и ограниченной мощности оптовых поставщиков, привели к возникновению кризисных ситуаций, в том числе и отключений потребителей в 2000 году.

Несомненная значимость и существующие проблемы реформ вызывают значительный интерес среди западных экономистов. Наибольшее внимание уделяется конкуренции среди поставщиков электроэнергии (Wolfram, 1998). Помимо моделей олигопольного ценообразования по Курно (Borenstein et. al., 1999) используются модели конкуренции с использованием функций предложения (Green and Newbery, 1992, Klemperer and Mayer, 1989).

На старте нового тысячелетия Россия стояла в начале пути реформирования электроэнергетики, как в области приватизации, так и в сфере дерегулирования. Постановление правительства Российской Федерации от 11 июля 2001г. о реформировании электроэнергетики Российской Федерации определяет следующие основные направления реформы:

- совершенствование рынков электроэнергии, включая оптовый рынок
- создание федеральной сетевой компании
- создание единой системы диспетчерского управления (системного оператора)
- создание администратора торговой системы
- создание генерирующих компаний
- реформирование региональных акционерных обществ энергетики и электрификации

Создание крупных генерирующих компаний (ОГК) на базе электростанций РАО «ЕЭС России» должно обеспечить реальную конкуренцию производителей на оптовом рынке электроэнергии. Предполагается создание шести компаний использующих энергию тепловых станций, находящихся в разных регионах, и четырех компаний объединяющих гидроэлектростанции. Единую национальную электрическую сеть, включающую в себя систему магистральных линий электропередач, объединяющих большинство регионов страны, планируется сохранить в рамках федеральной сетевой компании подконтрольной государству через РАО «ЕЭС России», а в дальнейшем и напрямую. В настоящее время РАО «ЕЭС России» контролирует большинство

крупных производителей электроэнергии через 100 – процентный или контрольный пакет. В свою очередь контрольный пакет РАО «ЕЭС России» принадлежит государству.

Практическая реализация планов по созданию ОГК затягивается. В конце июня 2004 года премьер-министр Михаил Фрадков объявил, что решение ключевых вопросов преобразований в РАО "ЕЭС России" переносится на конец года (Ведомости, 2004а). Изменились и планы по созданию ОГК на базе ГЭС. Профильные ведомства и премьер поддержали идею создания одной ОГК вместо четырех (Ведомости, 2004а).

Данная статья посвящена работе оптового рынка электроэнергии в переходный период. Работа содержит описание правил работы оптового рынка, его динамику, модель ценообразования при совместном функционировании свободного и регулируемого секторов рынка и эмпирическую проверку предсказаний модели.

Правила оптового рынка электрической энергии (мощности) переходного периода¹

Основной особенностью работы оптового рынка электроэнергии переходного периода является параллельное существование свободного и регулируемого секторов рынка². Торговля электроэнергией в регулируемом секторе осуществляется по тарифам установленным федеральным органом исполнительной власти по регулированию естественных монополий (федеральная энергетическая комиссия, федеральная служба по тарифам). Установление тарифов предусматривает полную компенсацию обоснованных затрат производителей электрической энергии (мощности) и получение ими необходимой прибыли исходя из условий самофинансирования и обеспечивает сбалансированность суммарной стоимости электроэнергии (мощности) поставляемой на регулируемый сектор и отпускаемой с него.³ Оптовая торговля электрической энергией в секторе свободной торговли строится на принципах конкуренции и использует механизм ценообразования, основанный на конкурентном отборе ценовых заявок участников сектора свободной торговли, обеспечивающий установление свободных цен, уравнивающих спрос и предложение электрической энергии. Также предусмотрена возможность свободного определения цен и объемов поставки электрической энергии в рамках двусторонних договоров купли-продажи электрической энергии.

Покупатели - участники оптового рынка самостоятельно определяют плановое почасовое потребление. Используя эти данные, а также сводный прогнозный баланс производства и поставок электрической энергии (мощности) и тарифы на электрическую энергию, продаваемую производителями на оптовом рынке, системный оператор составляет предварительный почасовой

¹ Здесь приводятся только основные правила. Более подробная информация содержится в Постановлении Правительства Российской Федерации от 24 октября 2003 г. №643.

² Организатором торговли в регулируемом секторе рынка является ЗАО «ЦДР ФОРЭМ»; организатор торгов в секторе свободной торговли – Некоммерческое партнерство «Администратор Торговой Системы».

³ Согласно Постановлению Правительства РФ от 12 июля 1996 г. № 793 «О федеральном (общероссийском) оптовом рынке электрической энергии (мощности)».

диспетчерский график производства и потребления электрической энергии участниками оптового рынка на предстоящие сутки. На основании предварительного диспетчерского графика и по результатам конкурентного отбора ценовых заявок в секторе свободной торговли администратор торговой системы определяет плановое почасовое производство каждого участника оптового рынка.

В секторе свободной торговли существуют следующие ограничения:

- каждый поставщик вправе продавать каждый час объем электрической энергии, не превышающий объем, производимый с использованием 15 процентов установленной (рабочей) мощности генерирующего оборудования.
- каждый покупатель вправе приобретать до 30 процентов собственного планового почасового потребления.

С 1 января 2004 г. изменен порядок оплаты генерирующей мощности в регулируемом секторе. Доля оплаты мощности в регулируемом секторе была сокращена со 100 до 85 процентов.

Динамика свободного сектора оптового рынка электрической энергии

1 ноября 2003 г. НП «АТС» провело первые в истории России торги электроэнергией в секторе свободной торговли. В торгах было зарегистрировано 13 участников: 6 покупателей и 7 продавцов. Администратору торговой системы было подано 30 ценовых заявок. Общий объем торгов составил 13 млн.кВтч по средневзвешенной цене 264 руб./МВтч, что было на 5,3% ниже, чем в регулируемом секторе. Первые 15 недель в секторе свободной торговли наблюдался стремительный рост, как числа участников, так и объемов проданной электроэнергии. 11 декабря 2003 г. в торгах впервые принял участие Концерн «Росэнергоатом». В технологических поставках электроэнергии на свободный рынок участвовали 9 из 10 атомных электростанций России. 27 января 2004 г. к торгам присоединилось ОАО «Тюменьэнерго» - крупнейший, после концерна «Росэнергоатом», поставщик электроэнергии в России. Динамика количества участников и объемов купленной энергии представлена на рисунке 1. На седьмой неделе работы свободного сектора были зарегистрированы первые двусторонние договоры. За время работы свободного рынка доля электроэнергии, реализованной по двусторонним договорам, не превышала 10 процентов.

В конце 2003 года тариф на электроэнергию (без учета мощности) в регулируемом секторе для покупателей составлял 278 рублей за мегаватт-час. В 2004 году тарифы на электроэнергию с учетом мощности для покупателей менялись каждый квартал, а в первом квартале каждый месяц. Покупатели всегда имеют возможность приобрести электроэнергию в регулируемом секторе, поэтому цена свободного рынка не может превышать тариф для покупателей в регулируемом секторе. Цена в свободном секторе может существенно отличаться от тарифа. В январе 2004 года средневзвешенная цена за неделю в свободном секторе рынка была ниже тарифа в регулируемом секторе на 20 процентов. 16 декабря в отдельные часы суток цена на электроэнергию опустилась до нуля(!), а в среднем за сутки она составила 119,4 руб./МВтч. (подобное было возможно при снижении спроса при высоком предложении дешевой электроэнергии от атомных электростанций). Динамика цен и тарифов представлена на рисунке 2.

Модель ценообразования при совместном функционировании свободного и регулируемого секторов рынка

Предложение конкурентной отрасли основано на ее предельных издержках.

$$S(p) - \text{функция предложения отрасли} \quad S'(p) > 0$$

$$S^{-1}(x) - \text{функция предельных издержек отрасли} \quad S^{-1\prime}(x) > 0$$

$$C(x) - \text{функция издержек отрасли} \quad C'(x) = S^{-1}(x), \quad C(0) = 0$$

$$D(p) - \text{функция спроса} \quad D'(p) < 0$$

a - максимальная доля электроэнергии, которую каждый поставщик может поставить в свободный сектор

b - максимальная доля электроэнергии, которую можно приобрести в свободном секторе

p^M - цена в свободном секторе

p^R - цена покупки в регулируемом секторе

цена продажи энергии в регулируемом секторе определяется издержками ее производства

Совокупный спрос в обоих секторах

$$Q^T = D(\min\{p^R; b p^M + (1-b)p^R\}) \quad (1)$$

Спрос в свободном секторе

$$Q^M = (b D(b p^M + (1-b)p^R) \mid p^M < p^R) \quad (2)$$

$$Q^M = ([0, b D(p^R)] \mid p^M = p^R)$$

Предложение в свободном секторе

$$S^M = a S(p^M)$$

Цена в свободном секторе определяется из равенства спроса и предложения

$$Q^M = a S(p^M) \quad (3)$$

В краткосрочной перспективе цена в регулируемом секторе является заданной.

Уравнение 3 имеет единственное решение:

$$p^M = p^M(a, b, p^R), \quad \text{если } a/b > D(p^R)/S(p^R) \quad (4)$$

$$p^M = p^R, \quad \text{если } a/b < D(p^R)/S(p^R)$$

Спрос в регулируемом секторе есть разность общего спроса и спроса в свободном секторе

$$Q^R = ((1-b) D(b p^M + (1-b)p^R) \mid p^M < p^R) \quad (5)$$

$$Q^R = (D(p^R) - Q^M \mid p^M = p^R)$$

В долгосрочной перспективе цена в регулируемом секторе обеспечивает сбалансированность суммарной стоимости электроэнергии поставляемой на регулируемый сектор и отпускаемой с него:

$$C(Q^T) - a C(S(p^M)) = p^R Q^R \quad (6)$$

Сравнительная статика в краткосрочной перспективе

Если $a/b > D(p^R)/S(p^R)$, то сравнительная статика при заданном уровне цен в регулируемом секторе определяется соотношениями:

$$dp^M/da < 0, \quad dp^M/db > 0, \quad dp^M/dp^R < 0 \quad (7)$$

Доказательство данных соотношений содержится в предложении 1 математического приложения.

Интуиция данных результатов такова: рост предложения (спроса) в свободном секторе понижает (повышает) цену в свободном секторе. Рост цены в регулируемом секторе сокращает общий спрос и спрос в свободном секторе, что понижает цену в свободном секторе.

При росте спроса, падении предложения или сокращении цены в регулируемом секторе соотношение $a/b > D(p^R)/S(p^R)$ может нарушиться, что приведет к равенству цен в свободном и регулируемом секторах.

Сравнительная статика в долгосрочной перспективе

При условии, что $p^M < p^R$, цены в регулируемом и свободном секторах определяются из системы

$$b D (b p^M + (1 - b) p^R) = a S(p^M) \quad (8)$$

$$C(Q^T) - a C(S(p^M)) = p^R (1 - b) D (b p^M + (1 - b) p^R),$$

которая определяет p^M и p^R через параметры a и b . В общем случае ничего о зависимости p^M и p^R от параметров a и b сказать нельзя. Рассмотрим важный частный случай с абсолютно неэластичным спросом. Тогда система (8) определяет

$$p^M = p^M(a(-), b(+)) \quad (9)$$

$$p^R = p^R(a(-), b(+), p^M(-)),$$

При этом выполняются соотношения,

$$dp^M/da < 0, \quad dp^M/db > 0, \quad dp^R/da > 0, \quad dp^R/db > 0 \quad (10)$$

Доказательство данных соотношений содержится в предложении 2 математического приложения.

Как и в краткосрочной перспективе, рост предложения в свободном секторе понижает цену свободного рынка, а рост спроса повышает ее. Цена регулируемого сектора растет как при росте спроса, так и при росте предложения.

При условии, что $p^M = p^R = p$ цены определяются из равенства

$$C(D(p)) - a C(S(p)) = p (D(p) - a S(p)) \quad (11)$$

Из (11) следует

$$dp/db = 0 \quad (12)$$

Применение модели при анализе динамики цен в свободном секторе

В рамках модели развитие оптового рынка выглядит следующим образом. Несмотря на то, что максимальные доли электроэнергии, которую можно поставить в свободный сектор и которую можно приобрести в свободном секторе составляли 15% и 30% соответственно и не менялись, реальные параметры a и b менялись значительно из-за изменения состава участников рынка. Так выход на рынок Концерна «Росэнергоатом» и ОАО «Тюменьэнерго» привели к росту параметра a . Рост параметра b происходил непрерывно до мая 2004 года. С апреля цена свободного сектора вплотную приблизилась к тарифу в регулируемом секторе. Незначительный рост тарифов обусловлен малой долей свободного сектора.

Эмпирическая часть

Выход тепловых электростанций на свободный сектор оптового рынка

Рассмотрим выход производителей на рынок на примере тепловых станций (ГРЭС). Основным фактором, определяющим выход производителей на свободный рынок, является их принадлежность и правовой статус. Электростанции федерального уровня активнее выходили на рынок чем поставщики, подконтрольные региональным АО-энерго. Так из двадцати семи тепловых станций установленной мощностью свыше 300 МВт находящихся в зоне свободного сектора оптового рынка за исследуемый период на рынок вышли одиннадцать из двенадцати федеральных станций. Еще девять ГРЭС вышли на рынок через региональные АО-энерго («Свердловэнерго», «Тюменьэнерго», «Оренбургэнерго» и «Пермэнерго»).

В свободном секторе должны быть заинтересованы наиболее эффективные производители. Действительно, производители с высокими издержками не смогут продать свою энергию по конкурентным ценам. В таблице 1 представлены усредненные характеристики федеральных тепловых электростанций в зависимости от участия в свободном секторе рынка в 2003 году. С 2004 года были изменены правила оплаты мощности в регулируемом секторе, что сделало свободный сектор более привлекательным. Некоторые производители вышли на рынок только после заметного роста цены в свободном секторе в феврале 2004 года. В среднем первые участники свободного рынка оказались более эффективными. Они имеют меньший расход топлива на единицу энергии и более низкий тариф в регулируемом секторе. Они имеют большую установленную мощность и активнее ее использовали в 2003 году.

Факторы, определяющие цены в свободном секторе оптового рынка

Вариация цены свободного сектора оптового рынка позволяет протестировать предсказания модели, для чего используются следующие данные:

- средневзвешенные цены и объемы торгов в свободном секторе оптового рынка (за период с 1 ноября 2003 года по 26 сентября 2004 года)
- тарифы для покупателей в регулируемом секторе оптового рынка
- установленная мощность участников оптового рынка⁴
- удельный расход топлива тепловыми станциями - участниками оптового рынка
- выработка электроэнергии в 2003 году атомными и гидроэлектростанциями

Реальные цены на электроэнергию в свободном секторе определяются на каждый час в более чем тысяче узлах расчетной модели электрической сети. В уральском и поволжском регионе цены на электроэнергию ниже, чем в центральном и западном регионах. Объемы покупки меньше в ночные

⁴ Для участников рынка региональных АО-энерго используются данные по подконтрольным им станциям: ОАО «Оренбургэнерго» - Ириклинская ГРЭС; ОАО «Свердловэнерго» - Верхне-Тагильская ГРЭС, Рефтинская ГРЭС, Средне-Уральская ГРЭС, Серовская ГРЭС; ОАО «Тюменьэнерго»- Нижневартовская ГРЭС, Сургутская ГРЭС-1, Сургутская ГРЭС-2.

часы и в выходные и праздничные дни. Мы используем агрегированные за неделю данные по всей территории свободного сектора. Мы учитываем новые правила оплаты мощности в регулируемом секторе с 2004 года, увеличивая цены и тарифы в 2003 году на 72%⁵.

Объем торгов за неделю описывает спрос на электроэнергию в свободном секторе. В качестве переменной описывающей предложение свободного сектора мы используем сумму установленной мощности ГРЭС и рабочей мощности ГЭС и АЭС. В качестве рабочей мощности поставщика мы используем величину выработанной им электроэнергии в 2003 году деленную на 8760 (количество часов в году). Рабочая мощность учитывает тот факт, что ГЭС и АЭС в силу технических особенностей не могут работать круглосуточно. Динамика спроса и предложения представлена на рисунке 3.

Себестоимость энергии поставляемой ГЭС и АЭС в среднем ниже, чем себестоимость энергии поставляемой тепловыми станциями⁶. Рабочей мощности ГЭС и АЭС участников свободного сектора рынка было достаточно для полного обеспечения спроса только в декабре 2003 года. В остальное время в поставках гарантированно участвовали и тепловые станции.

Используя данные о технических характеристиках участников свободного сектора рынка и об объемах торгов, мы определяем замыкающего (наименее эффективного) поставщика из тех, что поставляли электроэнергию в свободный сектор. (Предполагается, что в поставках участвуют наиболее эффективные поставщики). В качестве меры эффективности тепловых электростанций используется удельный расход топлива на единицу вырабатываемой электроэнергии.

Таблица 2 содержит результат оценивания факторов определяющих цену в свободном секторе оптового рынка. Полученные результаты подтверждают предсказания модели о наличии двух режимов и о факторах определяющих ценообразование в каждом режиме. Первые двадцать три недели цену на рынке определяло соотношение спроса и предложения. Во вторые двадцать три недели цена вплотную приблизилась к тарифам в регулируемом секторе. На всем протяжении работы рынка цена определялась эффективностью замыкающего поставщика.

⁵ Величина 72% получена как отношение среднего тарифа оплаты мощности 200 руб./МВтч к тарифу оплаты электроэнергии 278 руб./МВтч в 2003 году.

⁶ Фактические среднотопливные тарифы на ФОРЭМ в 2003 году составляли 119,35 руб./МВтч для ГЭС, 429,91 руб./МВтч для АЭС и 512,24 руб./МВтч для ГРЭС.

Заключение

Создание свободного сектора оптового рынка электроэнергии является важным шагом на пути реформирования электроэнергетики России. Первые одиннадцать месяцев его работы продемонстрировали заинтересованность в нем наиболее эффективных участников оптового рынка электроэнергии. На фоне замедления темпов реформирования, совместное функционирование свободного и регулируемого секторов оптового рынка будет определять цены на электроэнергию в последующие несколько лет. Пока работа свободного сектора не оказывает существенного влияния на уровень цен в регулируемом секторе. Будущее увеличение доли свободного сектора приведет к росту тарифов в регулируемом секторе.

Рисунок 1. К сентябрю 2004 года доля сектора свободной торговли оптового рынка электроэнергии в совокупной генерации по территории ценовой зоны составила около 9%.

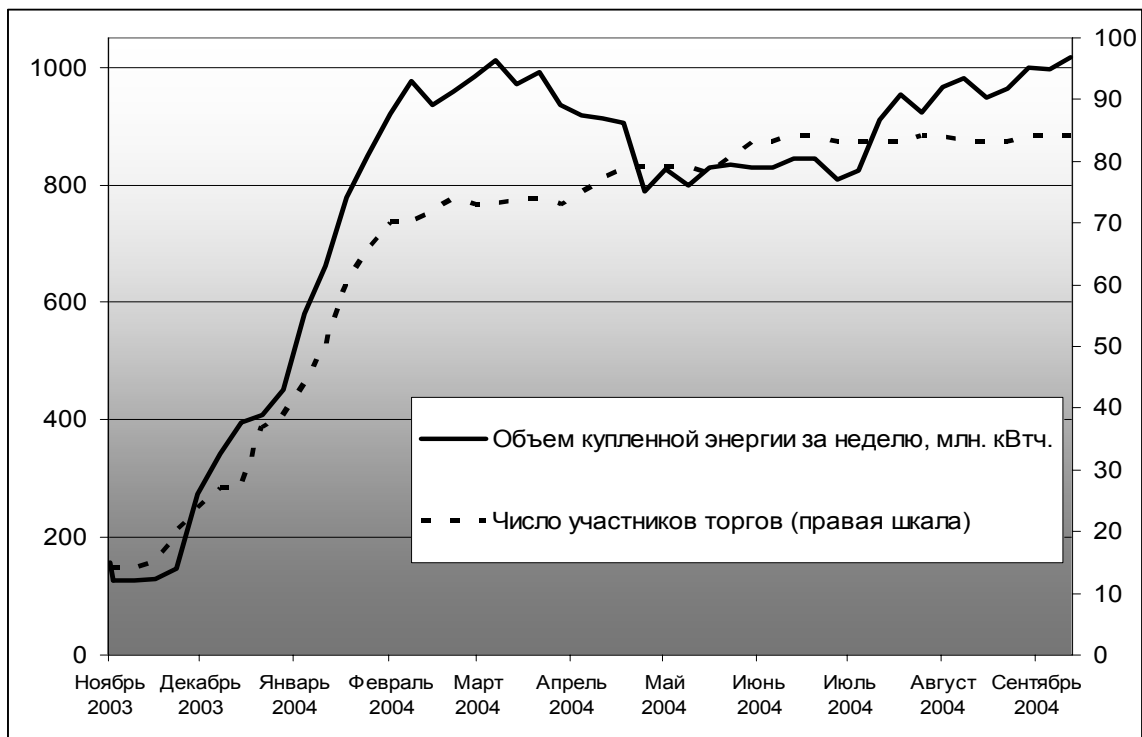


Рисунок 2. Цена электроэнергии в свободном секторе всегда ниже, чем тариф в регулируемом секторе. Скачок цен в начале года вызван новыми правилами оплаты мощности в регулируемом секторе.

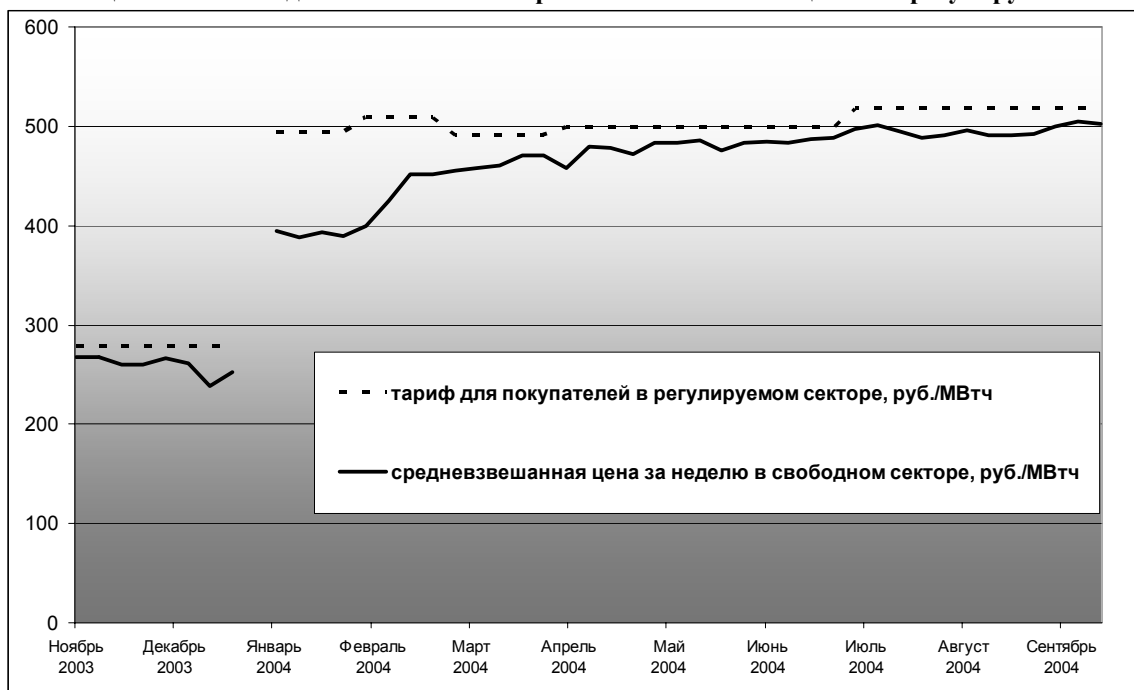


Рисунок 3. Выход на рынок новых участников привел к стремительному скачкообразному росту мощности поставщиков свободного сектора в первые три месяца работы рынка

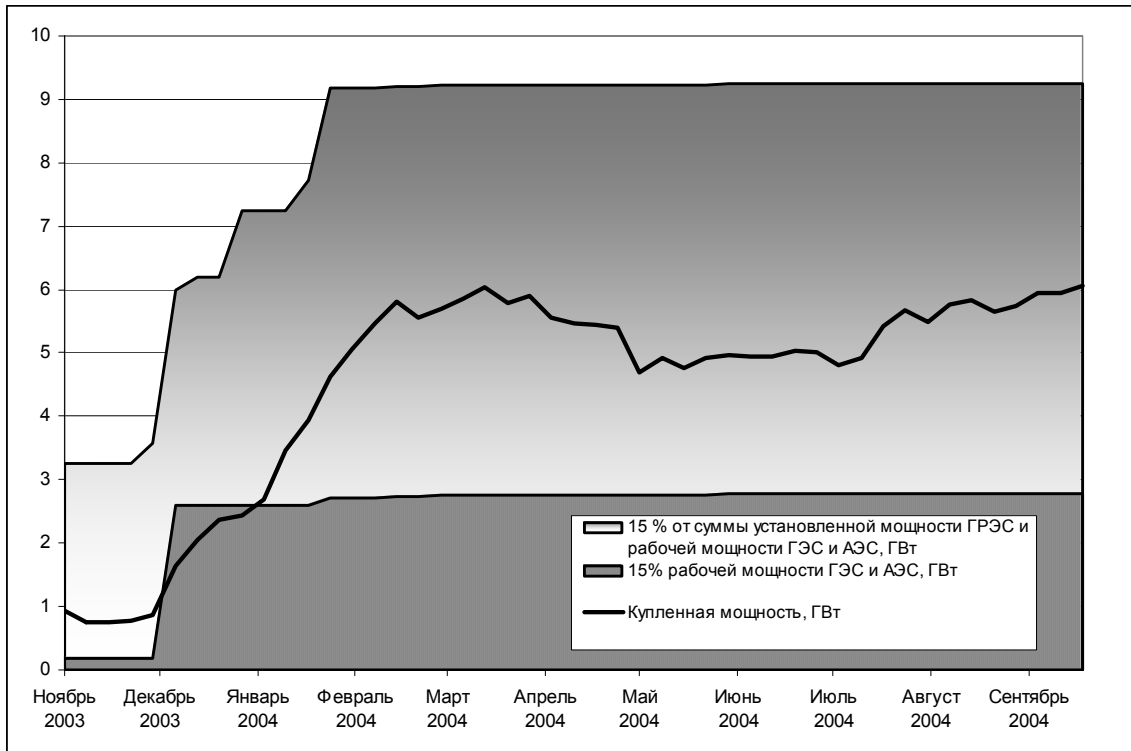


Таблица 1. В свободном секторе рынка сильнее заинтересованы более эффективные производители.

	Участвовали в свободном секторе с 2003 г.	Не участвовали в свободном секторе в 2003 г.
Количество электростанций	6	6
Усредненные параметры		
Установленная мощность, МВт	2438	1579
Относительный расход топлива, г/кВтч	344	352
Фактический среднеотпускной тариф за 2003 г. на ФОРЭМ, руб/МВтч	495	607
Среднее количество рабочих часов в день в 2003 г.	10.0	7.4

Таблица 2. Средневзвешенная цена в свободном секторе определялась соотношением спроса и предложения, пока не достигла уровня тарифа в регулируемом секторе.

Период исследования	1/11/2003 - 26/09/2004	1/11/2003 18/04/2004	19/04/2004 26/09/2004
Предложение (суммарная мощность поставщиков свободного сектора)	-0.181 (1.02)	-0.496*	
Спрос (объем покупки в свободном секторе)	0.085 (0.87)	0.281*	-0.03 (0.79)
Тариф в регулируемом секторе	1.403* (2.6)	-1.374 (1.45)	0.847** (5.08)
Удельный расход топлива замыкающего поставщика		0.934** (2.99)	
Количество наблюдений	46	46	23
R-квадрат	0.26	0.17	0.3

Независимая переменная – средневзвешенная цена в свободном секторе оптового рынка.

Цены и тарифы в 2003 году скорректированы с учетом новых правил оплаты мощности.

Все переменные в логарифмах.

В скобках указаны t-статистики

* значимость 5%; ** значимость 1%

Список литературы

- Ведомости. 2004а. «Фрадков думает». 28 августа, 2004.
- Ведомости. 2004б. «Концепция поменялась». 30 августа, 2004.
- Куковеров М. 2004. «Реформа рынка электроэнергии в России». Дипломная работа, Российская Экономическая Школа.
- Постановление правительства Российской Федерации от 24 октября 2003г. № 643 «О правилах оптового рынка электрической энергии (мощности) переходного периода».
- Постановление правительства Российской Федерации от 11 июля 2001г. № 526 «О реформировании электроэнергетики Российской Федерации».
- Borenstein, S., J. Bushnell and , R. Knittel. 1999. "Market Power in Electricity Markets: Beyond Concentration Measures." *Energy Journal*, 20(4).
- Gilbert, R. and E. Kahn. 1996. "International comparisons of electricity regulation." New York: Cambridge University Press.
- Green, R. and D. Newbery. 1992. "Competition in the British Electricity Spot Market. *The Journal of Political Economy*." 100(5), 929-953.
- Klemperer, P. and M. Mayer. 1989. "Supply Function Equilibria in Oligopoly under Uncertainty." *Econometrica*, 57(6), 1243-1277.
- Newbery, D. and M. Pollitt. 1997. "The Restructuring and Privatization of Britain's Cegb –Was It Worth It? *The Journal of Industrial Economics*." 45(3), 269-303.
- Wolfram C. 1998. "Strategic Bidding in a Multiunit Auction: an Empirical Analysis of Bids to Supply Electricity in England and Wales." *The RAND Journal of Economics*, 29(4): 703-725.
- Wolfram, C. 1999. "Measuring Duopoly Power in the British Electricity Spot Market. *The American Economic Review*." 89(4), 805-826.

Математическое приложение

Предложение 1. Если $a/b > D(p^R)/S(p^R)$, то $p^M = p^M(a, b, p^R)$, причем

$$dp^M/da < 0, \quad dp^M/db > 0, \quad dp^M/dp^R < 0$$

Доказательство: Введем обозначение $\underline{p} = b p^M + (1-b) p^R$.

Если $a/b > D(p^R)/S(p^R)$, то $p^M < p^R$ и уравнение (3) имеет вид

$$a S(p^M) = b D(\underline{p}) \quad (i)$$

Дифференцируя (i) по a , с учетом $p^M = p^M(a, b, p^R)$, получаем

$$dp^M/da = S(p^M) / (b^2 D'(\underline{p}) - a S'(p^M)) \quad (ii)$$

Получаем числитель (ii) больше 0, знаменатель меньше 0, следовательно, $dp^M/da < 0$.

Дифференцируя (i) по b с учетом $p^M = p^M(a, b, p^R)$ получаем

$$dp^M/db = D(\underline{p}) / (-b^2 D'(\underline{p}) + a S'(p^M)) \quad (iii)$$

Получаем числитель и знаменатель (iii) больше 0, следовательно, $dp^M/db > 0$.

Дифференцируя (i) по p^R с учетом $p^M = p^M(a, b, p^R)$ получаем

$$dp^M/dp^R = -(1-b) D'(\underline{p}) / (b^2 D'(\underline{p}) - a S'(p^M)) \quad (iv)$$

Получаем числитель (iv) больше 0, знаменатель меньше 0, следовательно, $dp^M/dp^R < 0$.

Предложение 2. Сравнительная статика системы (8) при абсолютно неэластичном спросе описывается соотношениями:

$$dp^M/da < 0, \quad dp^M/db > 0, \quad dp^R/da > 0, \quad dp^R/db > 0$$

Доказательство: Соотношения $dp^M/da < 0$ и $dp^M/db > 0$ тривиально следуют из уравнения $aS(p^M) = bQ$ и возрастания функции $S(p)$. Докажем что $dp^R/da > 0$.

Из системы (8) следует $p^R = (C(Q) - aC(bQ/a)) / (1-b)Q$. Обозначим $x = 1/a$. Тогда

$$p^R = (C(Q) - C(xbQ)/x) / (1-b)Q.$$

$$dp^R/dx = 1/x^2 C(xbQ) - 1/x C'(xbQ) bQ = bQ/x (C(xbQ)/xbQ - C'(xbQ)) < 0$$

поскольку $C'(x) > 0$, $C(0) > 0$. Следовательно, $dp^R/da > 0$.

Докажем что $dp^R/db > 0$

$$\begin{aligned} dp^R/db &= 1/(1-b)^2 Q [C(Q) - aC(bQ/a) - (1-b) a C'(bQ/a) Q/a] = \\ &= 1/(1-b)^2 Q [(1-b)Q p^R + aC(bQ/a) - aC(bQ/a) - (1-b) C'(bQ/a) Q] = \\ &= 1/(1-b) [(p^R - C'(bQ/a))] = (p^R - p^M) / (1-b) > 0 \end{aligned}$$