

УДК 338.5
ББК 65.23

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВУХСТАВОЧНОГО ТАРИФА НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ С УЧЕТОМ СОЦИАЛЬНОЙ НОРМЫ ПОТРЕБЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ НАСЕЛЕНИЯ Г. ВОЛГОГРАДА

Эйсфельд А. А.¹

(Волгоградский государственный университет, Волгоград)

Статья посвящена актуальным процессам либерализации, происходящим в электроэнергетике России. К 2011 году, согласно планам правительства России, по свободным ценам будет продаваться 100% электроэнергии на оптовом рынке. И эта свободная цена будет транслироваться на розничные рынки электроэнергии. В связи с завершением процесса реформирования ОАО РАО «ЕЭС России» особенно актуальным становится вопрос защиты интересов потребителей и прежде всего – населения. В данной работе предложена математическая модель тарифа на электроэнергию, позволяющая потребителю оплачивать потребленные киловатт-часы в пределах установленной социальной нормы по сниженному тарифу, а сверх неё – по экономически обоснованной цене. А также приведен пример такого тарифа применительно к розничному рынку электроэнергии г. Волгограда.

Ключевые слова: электроэнергетика, тарифы на электроэнергию, математическое моделирование тарифов.

Начавшийся в 1992 году переход России к рыночной экономике обусловил необходимость проведения структурных реформ в электроэнергетике России. Основные направления

¹ Анастасия Александровна Эйсфельд, аспирант (aeisfeld@yandex.ru).

реформирования электроэнергетики Российской Федерации были изложены в Постановлении Правительства РФ №526 от 11 июля 2001 г..

В процессе либерализации отрасли должны были решиться следующие первоочередные задачи:

- создание конкурентных рынков электроэнергии;
- уменьшение доли государственного регулирования в управлении электроэнергетикой;
- разграничение монопольных и потенциально конкурентных видов деятельности в электроэнергетике;
- ликвидация перекрестного субсидирования.

Важным звеном всей реформы электроэнергетики стала реорганизация РАО «ЕЭС России», которая с 1 июля 2008 г. прекратила свое существование.

Базовым механизмом реорганизации явилось выделение из состава РАО «ЕЭС России» самостоятельно функционирующих профильных компаний путем дифференциации по видам деятельности. В результате на основе РАО «ЕЭС России» были созданы следующие субъекты и группы субъектов:

- генерирующие компании, в которых объединены (производственные) генерирующие активы;
- энергосбытовые компании, занимающиеся продажей электроэнергии потребителям;
- сетевые компании, объединяющие магистральные и региональные распределительные электрические сети;
- субъекты оперативно-диспетчерского управления;
- коммерческая инфраструктура оптового рынка.

Рынок электроэнергии Волгоградской области организован следующим образом (рис. 1). Закупкой электроэнергии на оптовом рынке занимаются такие категории потребителей, как энергосбытовые организации, гарантирующие поставщики и крупные потребители электроэнергии. На территории Волгоградской области в настоящее время действуют пять гарантирующих поставщиков электрической энергии, услуги которых

подлежат государственному регулированию, а также четыре сбытовые компании (в том числе крупные потребители).

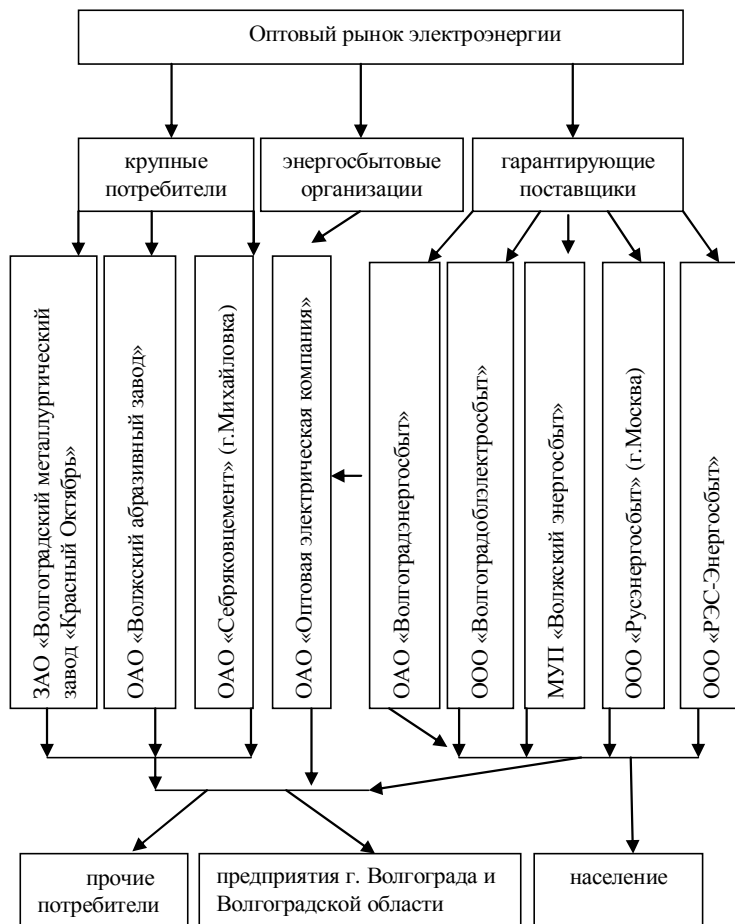


Рис. 1. Структура рынка электроэнергии г. Волгограда и Волгоградской области¹

¹ Источник: составлено автором на основе данных www.np-ats.ru.

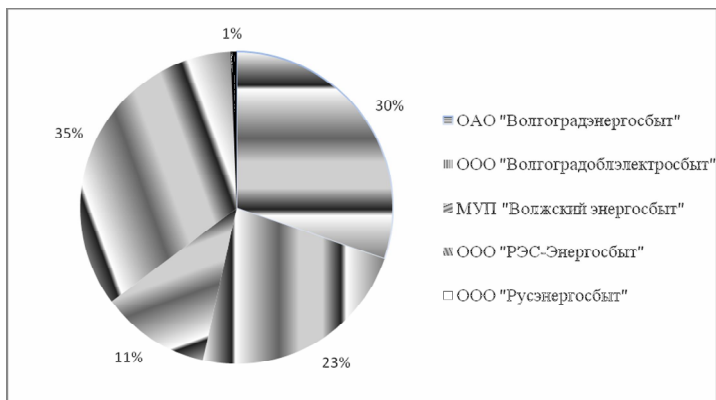


Рис. 2. Распределение доли поставки электроэнергии населению Волгоградской области по данным за 2009 г.

По данным рис. 2 наиболее крупными поставщиками электроэнергии населению в Волгоградской области являются ОАО «Волгоградэнергобыт» и ООО «РЭС-Энергосбыт» (30% и 35% соответственно).

Ценообразование на электрическую энергию схематично можно разбить на два рынка:

- ценообразование на оптовом рынке;
- ценообразование на розничном рынке.

Ценообразование на розничных рынках напрямую зависит от формирования цены на оптовом рынке электроэнергии. Потребители на розничных рынках оплачивают часть покупаемой электроэнергии по регулируемой цене, а часть – по свободной. В настоящее время тариф на электроэнергию в виде предельных минимальных и максимальных значений тарифа для населения подлежит государственному регулированию. Федеральной службой по тарифам данные параметры устанавливаются ежегодно для всех субъектов Российской Федерации.

Основной особенностью новой системы ценообразования на розничном рынке является синхронизация с процессом либерализации на оптовом рынке. Это предполагает поставку части объемов по регулируемой цене, а части – по цене, отражающей

стоимость электрической энергии на конкурентном оптовом рынке электрической энергии в рамках предельного уровня нерегулируемых цен. К 2011 году, согласно планам правительства России, по свободным ценам будет продаваться 100% электроэнергии на оптовом рынке, и эта свободная цена будет транслироваться на розничные рынки электроэнергии.

В связи с завершением процесса реформирования ОАО РАО «ЕЭС России» и постепенной либерализацией электроэнергетического рынка в соответствии с планами Правительства РФ особенно актуальным становится вопрос защиты интересов потребителей, и прежде всего – населения.

В конце 2007 года было принято принципиальное решение о сохранении регулирования розничных рынков электроэнергии для населения и приравненных к нему групп потребителей вплоть до 2014 года. После этого периода розничные цены попадут в прямую зависимость от оптовых. Таким образом, для населения на переходный период гарантируется поставка всего фактического объема по регулируемым ценам.

Рост тарифов для населения в год составляет порядка 10-15%. Учитывая, что рост тарифов естественных монополий в обозримом будущем продолжится, очень важно разработать меры социальной защиты наименее обеспеченных групп населения. Большие возможности для этого предоставляют многоставочные тарифы, дифференцированные по объему потребления.

Многоставочные тарифы на электроэнергию рассматривались разными авторами [2, 3, 4, 7]. Например, в [3] предложены оптимизационные модели двухставочного и многоставочного тарифов на электроэнергию. Критерием оптимизации является максимум функции общественного благосостояния при условии заданного уровня прибыли энергокомпании, т. е. по принципу эффективного ценообразования. Тарифы имеют ставки, снижающиеся по мере роста объема потребления электроэнергии. На высоких уровнях потребления ставки близки к предельным издержкам. Подобные тарифы используются во многих странах.

Однако, в условиях, когда дифференциация населения по доходам велика, многие домохозяйства находятся за чертой бедности, тарифы с высокими ставками на низких уровнях потребления неприемлемы. Поэтому в модели, рассматриваемой в данной работе, целью построения двухставочного тарифа является не максимизация общественного благосостояния, а социальная защита наименее обеспеченных групп населения. Первая ставка за объем потребления, равный социальной норме, низкая. Вторая ставка выбирается из условия безубыточности энергокомпании. Такой тариф перекладывает нагрузку по оплате электроэнергии на группу населения с высоким уровнем электропотребления, который, при прочих равных условиях, свидетельствует о высоком уровне доходов. Возможность применения такого подхода подкрепляется тем, что в 2008 г. денежные доходы 10% самых богатых россиян превосходили доходы такого же количества самых бедных, по данным Федеральной службы государственной статистики, почти в 6 раз. Представленная модель тарифа на электроэнергию поможет решить проблему социальной защиты малообеспеченных слоев населения без привлечения бюджетных средств.

Будем предполагать, что спрос потребителя на электроэнергию зависит от цены, дохода и, возможно, ряда других факторов. Для построения двухставочного тарифа существенны только факторы цены и дохода, поэтому для функции спроса будем использовать обозначение $Q = Q(P, I)$.

Пусть минимальный среднедушевой доход составляет I^{min} , тогда $Q = Q(P, I^{min})$ – функция спроса потребителей с минимальным среднедушевым доходом. Будем считать, что значение социальной нормы потребления $Q_{соц}$ задано. Тогда определим социальный тариф как $P_{соц} = P(Q_{соц}, I^{min})$, где $P(Q, I^{min})$ – обратная функция спроса для потребителя с минимальным доходом.

Обозначим вторую ставку тарифа через $P_1 > P_{соц}$. Эту ставку будем выбирать из условия безубыточности энергокомпании. Самые «бедные» потребители остановятся на уровне потребления $Q_{соц}$. Это потребители с доходом ниже, чем предельный

доход $I^{\text{пред}}$, обозначенном на рис. 3. Значение $I^{\text{пред}}$ определяется как корень уравнения (1):

$$(1) \quad Q(P_1, I^{\text{пред}}) = Q_{\text{соц}}$$

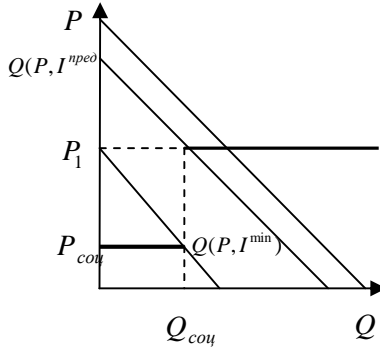


Рис. 3. Двухставочный тариф на электроэнергию и функции спроса потребителей с различным уровнем дохода

Как показано на рис. 3, потребители с доходом $I > I^{\text{пред}}$ будут покупать электроэнергию в количестве больше $Q_{\text{соц}}$, остальные — $Q_{\text{соц}}$.

Вычислим прибыль энергокомпании при двухставочном тарифе $(P_{\text{соц}}, P_1)$. Предположим, что предельные издержки энергокомпании составляют c рублей (при производстве каждой дополнительной единицы продукции), а постоянные издержки — F рублей (в расчете на одного потребителя).

Доход будем рассматривать как случайную величину с известной функцией распределения $F(x)$ и плотностью распределения $f(x)$. Тогда доля потребителей, имеющих доход меньше чем x , равна $F(x)$, а доля потребителей, имеющих доход в интервале $[x, x + Dx]$, приблизительно равна $f(x) \cdot Dx$.

Все потребители приобретут по крайней мере $Q_{\text{соц}}$ кВт-ч электроэнергии. Прибыль энергокомпании от продажи этих

$Q_{\text{соц}}$ кВт-ч в расчете на одного потребителя составит $Q_{\text{соц}}(P_{\text{соц}} - c)$.

Потребители с доходом $I > I^{\text{пред}}$ приобретут часть электроэнергии (а именно, $Q(P_1, I) - Q_{\text{соц}}$) по цене P_1 и принесут энергокомпаниям дополнительную прибыль в размере

$$(2) \quad \int_{I^{\text{пред}}}^{\infty} (P_1 - c) \cdot (Q(P_1, I) - Q_{\text{соц}}) \cdot f_x(I) dI = \\ = (P_1 - c) \int_{I^{\text{пред}}}^{\infty} (Q(P_1, I) - Q_{\text{соц}}) \cdot f_x(I) dI.$$

Общая прибыль энергокомпании составит:

$$(3) \quad \Pi(P_1) = Q_{\text{соц}}(P_{\text{соц}} - c) + (P_1 - c) \int_{I^{\text{пред}}}^{\infty} (Q(P_1, I) - Q_{\text{соц}}) \cdot f_x(I) dI.$$

Приравняем прибыль к постоянным издержкам:

$$(4) \quad \Pi(P_1) = Q_{\text{соц}}(P_{\text{соц}} - c) + (P_1 - c) \int_{I^{\text{пред}}}^{\infty} (Q(P_1, I) - Q_{\text{соц}}) \cdot f_x(I) dI = F.$$

Решив систему уравнений

$$(5) \quad \begin{cases} Q(P_1, I^{\text{пред}}) = Q_{\text{соц}}, \\ Q_{\text{соц}}(P_{\text{соц}} - c) + (P_1 - c) \int_{I^{\text{пред}}}^{\infty} (Q(P_1, I) - Q_{\text{соц}}) \cdot f_x(I) dI = F, \end{cases}$$

найдем P_1 и $I^{\text{пред}}$.

Приведем пример построения предложенного двухставочного тарифа применительно к розничному рынку электроэнергии г. Волгограда.

Пусть спрос на электроэнергию со стороны населения Q зависит от цены на электроэнергию P , среднедушевого дохода потребителей I и спроса в предшествующий период времени: $Q = Q(P, I, Q_{t-1})$.

Для оценки функции спроса на электроэнергию была использована модель степенной множественной регрессии.

Для построения модели спроса на электроэнергию использовались помесячные статистические данные за период с января 2007 года по декабрь 2009 года [5, 6]:

Q_t – количество электроэнергии, отпущенной населению г. Волгограда гарантирующими поставщиками (мегаватт-час);

P_t – цена на электроэнергию для этой группы потребителей (руб./мегаватт-час);

I_t – личный располагаемый доход населения (руб.);

IPC_t – индекс потребительских цен.

Исходные значения помесячных цен P_t и доходов I_t перед построением уравнения регрессии были скорректированы на IPC_t соответствующего месяца. Это было сделано для того чтобы исключить влияние инфляции на параметры модели. Данные о потреблении электроэнергии были скорректированы на количество жителей г. Волгограда и Волгоградской области. Таким образом, исходные данные были подготовлены для построения индивидуальной функции потребления электроэнергии (т. е. одним человеком).

Уравнение спроса на электроэнергию представляет собой степенную множественную регрессию, где в качестве объясняемой переменной выступает количество потребленной электроэнергии в расчете на одного жителя г. Волгограда, а в качестве регрессоров приняты цена на электроэнергию, среднедушевой среднемесячный денежный доход потребителя и индивидуальное потребление электроэнергии в предшествующий период времени:

$$(6) \quad Q_t = \left(\frac{P_t}{IPC_t} \right)^{a_1} \cdot \left(\frac{I_t}{IPC_t} \right)^{a_2} \cdot (Q_{t-1})^{a_3} \cdot e^{a_4}.$$

С помощью метода наименьших квадратов, реализованного в пакете прикладных программ «*STATISTICA*», было построено регрессионное уравнение спроса на электроэнергию:

$$(7) \quad Q_t = \left(\frac{P_t}{IPC_t} \right)^{-0,05} \cdot \left(\frac{I_t}{IPC_t} \right)^{0,39} \cdot (Q_{t-1})^{0,5} \cdot e^{-1,7}.$$

Используя свойства степенной функции, можно сделать вывод о том, что краткосрочные эластичности спроса на электроэнергию по цене и по доходу составляют $E_p^{kp}(Q) = -0,05$ и $E_I^{kp}(Q) = 0,39$, а долгосрочные эластичности равны $E_p^{дол}(Q) = \frac{-0,05}{1-0,5} = -0,1$ и $E_I^{дол}(Q) = \frac{0,39}{1-0,5} = 0,8$, соответственно.

Если число случайных факторов достаточно велико, воздействие каждого из них незначительно и имеет мультипликативный характер, то результат будет иметь так называемое логнормальное распределение. Эти рассуждения были использованы для построения функции плотности распределения населения по среднедушевому среднемесячному денежному доходу с параметрами m и s^2 . Плотность распределения для логарифмически нормального закона распределения имеет вид:

$$(8) \quad f(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot p \cdot s \cdot x}} \cdot \exp\left(-\frac{(\ln x - \ln m)^2}{2 \cdot s^2}\right), \quad x > 0,$$

где x – случайная величина (среднедушевой среднемесячный денежный доход), а параметры m и s^2 есть соответственно математическое ожидание и дисперсия нормального закона распределения случайной величины $\ln x$. Параметры m и s^2 , определяющие плотность распределения населения по уровню среднедушевого дохода, вычисляются с помощью двух параметров q_{cp} и q_{mod} :

$$s^2 = \frac{2}{3} \cdot \ln\left(\frac{q_{cp}}{q_{mod}}\right), \quad m = q_{mod} \cdot \exp(s^2),$$

где q_{cp} – математическое ожидание, q_{mod} – модальное значение среднедушевого среднемесячного денежного дохода в генеральной совокупности, которое соответствует доходам наиболее многочисленной группы населения.

На основе имеющихся данных о распределении населения России по величине среднедушевых среднемесячных денежных доходов за 2008 г. была построена функция распределения. Выборочное среднее, рассчитанное по данным таблицы, составляет $q_{cp} = 12981,50$ рублей. В качестве оценки модального зна-

чения выбрана середина интервала, на который приходится наибольшее число наблюдений, $q_{\text{мод}} = 12500,00$ рублей. Параметры логнормального распределения m и s^2 составляют $m = 12818,97$, $s^2 = 0,0252^1$.

По имеющимся парам параметров была рассчитана $f(x)$ – плотность распределения населения по уровню среднедушевого среднемесячного дохода:

$$(9) \quad f(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot p} \cdot 0,16 \cdot x} \cdot \exp\left(-\frac{(\ln x - 9,46)^2}{0,05}\right), \quad x > 0.$$

Для построения функции издержек были использованы данные, источником которых послужили отчеты для ФСФР РФ ОАО «Волгоградэнергообл» 2007-2009 гг. Функция издержек представлена в виде модели парной линейной регрессии: $C = c \cdot Q + F$, где Q – объем полезного отпуска электроэнергии, кВт-ч; C – валовые издержки, тыс. руб.; c – предельные издержки, тыс. руб. за кВт-ч; F – постоянные издержки, тыс. руб.

Поскольку для данной работы была предоставлена информация о совокупных издержках только одного гарантирующего поставщика в лице ОАО «Волгоградэнергообл» без диверсификации их по отдельным группам потребителей, была принята гипотеза о том, что предельные издержки у всех ГП Волгоградской области по всем группам потребителей одинаковы. Постоянные издержки скорректируем на долю потребления электроэнергии, приходящейся на население по отношению к общему отпуску электроэнергии, на число месяцев в каждом наблюдаемом периоде и на численность потребителей ОАО «Волгоградэнергообл». Удельный вес населения в объеме отпуска электроэнергии предприятиями коммунальной энергетики Волгоградской области составляет около 35%². ОАО «Волго-

¹ Параметры распределения m и s^2 были рассчитаны при помощи пакета прикладных программ Maple.

² Богачкова Л.Ю., Москичев Е.А. «Реструктуризация и реинтеграция производства в современной Российской электроэнергетике».

градэнергосбыт» осуществляет услуги по сбыту электрической энергии на территории Волгоградской области, обслуживает 8003 юридических лица и предпринимателей без образования юридического лица, а также 290159 физических лиц (население)¹.

В результате вычислений в пакете «*STATISTICA*» получается функция издержек следующего вида:

$$(10) C = 0,0007 \cdot Q + 0,052,$$

где $c = 0,7$ руб./кВт-ч; $F = 52,0$ рублей в месяц в расчёте на одного жителя г. Волгограда в месяц. Значит, увеличение объема выпуска электроэнергии на 1 кВт-ч в краткосрочном периоде обойдется компании в 70 копеек. Кроме того, независимо от объема выпуска компания тратит на поддержание мощностей в рабочем состоянии в расчете на одного человека 52 рубля в месяц.

Результатом решения системы уравнений (5)² с заданными параметрами $Q_{\text{соц}} = 35$ кВт-ч и $P_{\text{соц}} = 1,5$ руб./кВт-ч является следующий двухставочный тариф на электроэнергию:

$$\begin{cases} P_{\text{соц}} = 1,5 & \text{за первые } Q \leq 35, \\ P_1 = 3,11 & \text{за остальные } Q > 35. \end{cases}$$

Действующий в 2010 году тариф на электроэнергию составляет 2,30 руб./кВт-час. В данном тарифообразовании будут участвовать все потребители, относящиеся к категории «население», при этом расходы на оплату электроэнергии увеличатся примерно только у 18% потребителей, имеющих доход выше 20132,66 рублей.

¹ *Ежеквартальный отчет эмитента ОАО «Волгоградэнергосбыт» за 1 кв. 2009 г.*

² *Система уравнений была решена численными методами, реализованными на языке Си.*

Представляется, что социальная норма потребления поможет не только справиться с проблемой перекрестного субсидирования населения промышленностью, но и заставит абонентов задуматься об экономии электроэнергии. Благополучие растёт, и граждане могут покупать себе различные электроприборы. На этом фоне существенно возрастает электропотребление. Это приводит не только к увеличению нагрузок на сетевое хозяйство, но и к неблагоприятным экологическим последствиям. К тому же складывается ситуация, которую многие эксперты считают несправедливой: малообеспеченные граждане расходуют электроэнергию максимально экономно, а состоятельные – не задумываясь о расходах на свет. Но платят обе категории по одинаковому тарифу. Предложенный в работе тариф позволит исправить сложившуюся ситуацию.

Литература

1. АЙВАЗЯН С. А., МХИТАРЯН В. С. *Прикладная статистика и основы эконометрики*. – М.: «Юнити», 1998.
2. ЗАБЕЛЛО Е. П. *О тарифной политике в электроэнергетике на современном этапе и на ближайшую перспективу* // Промышленная энергетика. – 2005. – №11. – С. 2–6.
3. ЗАЙЦЕВА Ю. В. *Оптимизационные модели многоставочных тарифов на электроэнергию* // Управление большими системами. – 2008. – Выпуск 20. – С. 33–45.
4. ОРЛОВ В. С., ПАПКОВ Б. В., ЕРШОВ Е. П., Копалов Л. Н. *Анализ электропотребления и тарифов для бытовых потребителей* // Промышленная энергетика. – 1997. – №6. – С. 8–10.
5. *Официальный сайт ОАО «Волгоградэнергосбыт»*. – URL: www.energосale34.ru.
6. *Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики*. – URL: www.gks.ru.
7. ШАГОВ А. В., КОЛБИН В. В. *О некоторых подходах к управлению тарифной политикой в топливно-*

энергетическом комплексе региона // Экономика и математические методы. – 2005. – Том 41, №1. – С. 54–64.

MODELLING THE TWO-RATE ELECTRIC POWER TARIFF TAKING INTO ACCOUNT THE SOCIAL CONSUMPTION NORM: THE CASE OF VOLGOGRAD CITY

Anastasia Eisfeld, Volgograd State University, Volgograd, PHD student (aeisfeld@yandex.ru).

Abstract: This article describes the current processes of liberalization of the electric power industry in Russia. By 2011, according to Russian government plan, 100% of electric power in the wholesale market will be sold at open prices. These open prices will be propagated to retail markets of electric power. In the context of completion of “RAO UES of Russia” reengineering the problem of consumers (first of all, citizens) interests’ protection becomes topical. In this paper we suggest a mathematical model of the electric power tariff. Given this tariff consumers buy energy within the established social norm at lower price, and over it – at higher, economically reasonable, price. We provide an example of the suggested tariff for the case of Volgograd electric power retail market.

Keywords: electric power industry, electricity tariffs, mathematical models of tariffs.

Статья представлена к публикации членом редакционной коллегии В. Д. Секериным