
МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОСТАВОЧНОГО ТАРИФА НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ С СОЦИАЛЬНОЙ НОРМОЙ ПОТРЕБЛЕНИЯ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ Г. ВОЛГОГРАДА

Коробкина Анастасия Александровна,

старший преподаватель кафедры математических методов и информатики в экономике Волгоградского государственного университета; aeisfeld@yandex.ru

Разработана оптимизационная модель социально-ориентированного многоставочного тарифа на электроэнергию. Первая ставка за объём потребления, равный социальной норме, в таком тарифе низкая. А последующие ставки находятся из условия максимизации функционала общественного благосостояния при условии безубыточности энергокомпании. Модель позволяет обеспечить защиту малообеспеченных слоев населения от повышения цены на электроэнергию в процессе ликвидации перекрестного субсидирования. В то же время данная модель позволяет энергокомпании работать на условиях самоокупаемости.

Ключевые слова: многоставочный тариф, функция общественного благосостояния, социальная норма потребления электроэнергии.

Одним из направлений энергетической стратегии России на период до 2030 года является обеспечение надежного энергоснабжения населения страны по доступным ценам. В то же время, ценовая политика должна отвечать интересам производителей энергоресурсов и обеспечивать окупаемость инвестиций в электроэнергетику. Реализация этого направления предусматривает совершенствование регулирования розничных цен на электроэнергию с целью поддержания приемлемой доли затрат населения на необходимое энергообеспечение, а также повышение эффективности системы адресной социальной поддержки населения в рамках мероприятий по ликвидации перекрестного субсидирования.

При решении проблемы перекрестного субсидирования неизбежна оплата электроэнергии населением по экономически обоснованным ценам, однако уровень жизни большинства населения в России остается низким. Более того, в России на протяжении долгого периода наблюдается процесс высокой дифференциации населения по доходам. В связи с этим

представляется актуальной разработка тарифов на электроэнергию, которые обеспечивают социальную защиту наименее обеспеченных слоев населения и предусматривают покрытие издержек энергокомпании.

В современной науке моделированию и анализу тарифов на электроэнергию посвящены исследования многих учёных. Среди них следует отметить работы таких авторов как Волконский В.А., Воронина С.А., Богачкова Л.Ю., Зайцева Ю.В., Зайцева Е.Е., Некрасов А.С., Кузовкин А.И., Кретинина Ю.С., Maddock R., Casteno E. и пр. В работе [3] экономически обоснованные тарифы рассматриваются в аспекте доступности электроэнергии для населения. При этом ключевым моментом для формирования тарифа становится «платежеспособность» потребителей. В работе [4] рассматриваются системы тарифов на электроэнергию для населения, которые применяются в регионах РФ. Авторы проводят анализ тарифов на электроэнергию для домохозяйств с учетом уровня жизни населения и оценивают возможности сокращения перекрестного субсидирования. Модель «тарифного меню» для населения как механизм согласования интересов участников рынка и реализации социальной ответственности предложена в работе [2]. Конкретизация этого тарифа с учётом статистических данных о спросе на электроэнергию со стороны населения Волгоградской области получена в работе [5]. Несмотря на преимущества этой модели, состоящие в возможности согласования интересов всех участников рынка, её применение на практике затруднено в связи с неопределенностью методики определения тарифных ставок, которые подбирались, по сути, эвристически. Исследование работы [6] посвящено анализу проблемам формирования и внедрения дифференцированных тарифов на электроэнергию для населения. Автор предлагает принять в качестве критерия социальной справедливости равный относительный размер платы за электроэнергию в совокупном семейном бюджете всех домохозяйств. Однако автор не приводит последствий перехода к подобному ценообразованию и не описывает изменения положения потребителей. В работе [1] авторы описывают положительный результат от внедрения социально ориентированных многоставочных тарифов на электроэнергию в Колумбии, в которой для каждого из шести категорий домохозяйств был разработан свой вариант многоставочного тарифа с повышающимися ставками.

Хотя моделированию тарифов на электроэнергию посвящен целый ряд современных исследований, в этих работах недостаточно исследованы проблемы, связанные с социальной защитой населения в процессе доведения тарифов на электроэнергию до экономически обоснованного уровня.

Решить проблему перекрестного субсидирования населения другими группами потребителей возможно за счёт одномоментного повышения тарифов для населения, однако в этом случае весьма вероятен так называемый «тарифный шок» населения, для которого тарифы по оплате электроэнергии единовременно повысятся в 2 и более раза. Выходом из создавшейся ситуации может являться введение социальной нормы

потребления электрической энергии, в пределах которой население должно получать электроэнергию по льготным тарифам, а сверх неё – по экономически обоснованным. Одним из вариантов тарифа может служить многоставочный тариф с социальной нормой потребления. Первая ставка за объём потребления, равный социальной норме, в таком тарифе низкая. А последующими ставками можно варьировать так, чтобы помимо безубыточности энергокомпании достигалось оптимальное значение некоторого критерия оптимизации.

Предположим, что спрос потребителей на электроэнергию зависит от цены и дохода. Обозначим через $Q = Q(P, I)$ функцию спроса на электроэнергию, где P – цена на электроэнергию для населения, I – величина среднедушевого денежного дохода. Обратную функцию спроса обозначим через $p(Q, I)$. Её значение которой представляет собой цену, которую покупатель с доходом I готов заплатить за Q единиц товара. Доход I будем рассматривать как случайную величину с известной функцией распределения $F(x)$ и плотностью распределения $f(x)$.

Предположим, что потребителю предложен следующий тариф на электроэнергию: объём электроэнергии, равный социальной норме потребления Q_{soc} , потребитель оплачивает по льготной ставке P_{soc} . Льготная ставка определяется как спрос потребителя с минимальным доходом (I^{min}) при социальной цене и может быть найдена из уравнения $Q(P_{soc}, I^{min}) = Q_{soc}$. Поэтому потребители с минимальным доходом будут потреблять весь объём электроэнергии по льготной цене. Для объёма потребления, превышающего Q_{soc} , предлагается нелинейный тариф с непрерывной предельной ценой $P(Q)$. В этом случае на каждый кВт*ч устанавливается своя цена (рис. 1).

Основная идея построения гладкого тарифа заключается в том, что для любого объёма потребления Q рассматривается рынок, на котором предлагаются очередные ΔQ единиц товара. Величина $P(Q)$ представляет собой дополнительную плату, которую потребитель должен заплатить фирме, если он изменит объём потребления с Q до $Q + \Delta Q$. Для каждого уровня потребления Q и связанного с ним рынка дополнительного потребления зададим значение предельного дохода $I^{pred} = I^{pred}(Q, P(Q))$ как доход покупателя, имеющего нулевой излишек на этом рынке. Таким образом, предельный доход для уровня потребления Q – это доход покупателя, готовность платить которого за Q единиц товара равна предельной цене $p(Q, I^{pred}) = P(Q)$. Покупатели с доходом $I < I^{pred}(Q, P(Q))$ не будут участвовать на рынке дополнительного потребления, связанного с уровнем потребления Q , так как они имеют отрицательный излишек на этом рынке. И покупка очередных ΔQ единиц товара приведет к сокращению их общего потребительского излишка.

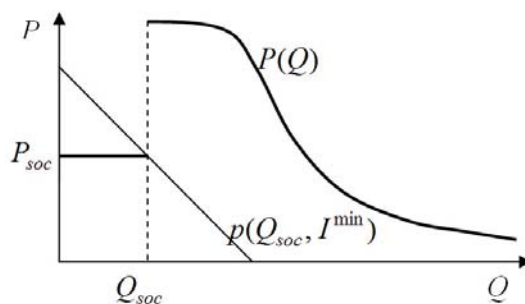


Рис. 1. Многоставочный тариф с учётом социальной нормы потребления
Средний потребительский излишек, проинтегрированный по всем рынкам, составляет:

$$S(P(\cdot)) = \int_0^{Q_{soc}} \left(\int_{I^{min}}^{I^{max}} (p(Q, x) - P_{soc}) f(x) dx \right) dQ + \int_{Q_{soc}}^{Q^{max}} \left(\int_{I^{pred}(Q)}^{I^{max}} (p(Q, x) - P(Q)) f(x) dx \right) dQ.$$

Предположим, что предельные издержки энергокомпании составляют mc ден. ед, а постоянные издержки FC ден. ед. (на одного потребителя). Тогда средний излишек производителя, проинтегрированный по всем рынкам, составляет:

$$\Pi(P(\cdot)) = (P_{soc} - mc) \cdot Q_{soc} + \int_{Q_{soc}}^{Q^{max}} (P(Q) - mc) \cdot (1 - F(I^{pred}(Q))) dQ.$$

Определим функционал общественного благосостояния как сумму средних излишков потребителя и производителя: $W(P(\cdot)) = S(P(\cdot)) + \Pi(P(\cdot))$. Данный функционал отражает интересы всех участников электроэнергетического рынка.

Рассмотрим оптимизационную задачу нахождения наибольшего значения функционала общественного благосостояния по всем возможным нелинейным тарифам $P(Q)$, обеспечивающим безубыточность энергокомпании и социальную защиту наименее обеспеченных слоев населения:

$$\begin{cases} \max_{P(\cdot)} W(P(\cdot)), \\ \Pi(P(\cdot)) = FC, \\ P(Q) = P_{soc}, \quad Q < Q_{soc}. \end{cases} \quad (1)$$

Задача (1) была решена методами вариационного исчисления. Её решением является нелинейный тариф, определяемый системой:

$$\begin{cases} P(Q) = P_{soc}, \quad Q \leq Q_{soc}, \\ (P_{soc} - mc) \cdot Q_{soc} + \int_{Q_{soc}}^{Q^{max}} (P(Q) - mc) \cdot (1 - F(I^{pred}(Q))) dQ = FC, \\ \frac{P(Q) - mc}{P(Q)} = -k \cdot \frac{1}{E_{P(Q)}(N(Q))}, \end{cases} \quad (2)$$

где k – константа, обеспечивающая безубыточность фирмы, находится из условия равенства прибыли нулю.

В системе (2) величина $E_{P(Q)}(N(Q))$ является эластичностью участия на рынке дополнительного потребления по цене на очередные ΔQ единиц товара. Эта величина показывает процентное уменьшение числа участников рынка при повышении предельной цены $P(Q)$ на 1%. Система (2) определяет оптимальный нелинейный тариф с социальной нормой потребления.

По разработанной методике был осуществлен расчёт многоставочного тарифа на электроэнергию для населения Волгоградской области. Предварительно на основе статистических данных [7] были построены модель спроса на электроэнергию, функция издержек энергокомпании и функция плотности распределения населения по среднедушевому среднемесячному денежному доходу. Для автоматизации расчёта тарифных ставок была разработана программа в среде Lazarus. Входными параметрами явились социальная норма потребления Q_{soc} (кВт*ч) и минимальный доход потребителя I^{min} (руб. в месяц), которые задаются пользователем в активном окне программы. Параметры оцененных функций спроса на электроэнергию и функции издержек энергокомпании задаются непосредственно в тексте программы. В программе численными методами решается система (2). Выходными параметрами программы являются значение социальной ставки P_{soc} и многоставочный тариф $P(Q)$, который отображается графически. График оптимального многоставочного тарифа с социальной нормой потребления электроэнергии с параметрами $Q_{soc}=40$ кВт*ч и $I^{min}=5185$ руб. представлены на рис. 2.

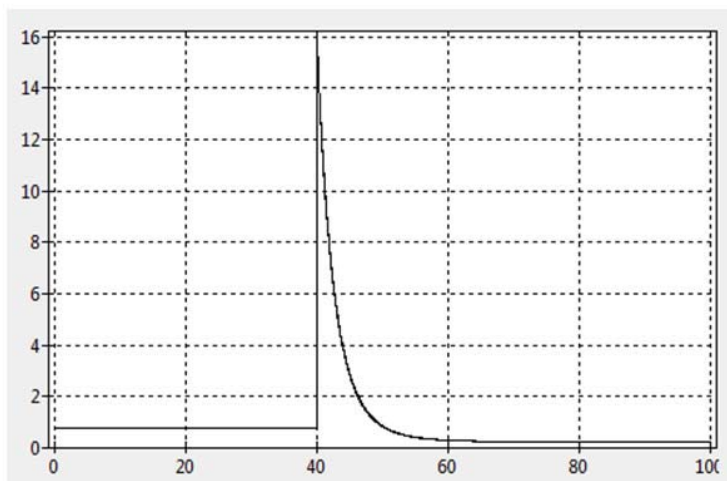


Рис. 2. Окно программы после построения многоставочного тарифа для бытовых потребителей электроэнергии г. Волгограда и Волгоградской области

Первые 40 кВт*ч электроэнергии потребитель оплачивает по социальной ставке. Начиная с 40 кВт*ч, с ростом потребления цена за каждый последующий кВт*ч снижается. В качестве основного критерия выбора оптимальной цены выступает эластичность спроса на дополнительное потребление $E_{P(Q)}(N(Q))$. Для высоких уровней потребления эластичность спроса на дополнительное потребление большая, соответственно

предельная цена устанавливается маленькая, близкая к предельным издержкам. Такие тарифы с ценой, снижающейся по мере роста объёмов потребления, отвечают общемировой тенденции предоставления скидок за большие объёмы приобретения.

Введем следующие обозначения:

$\Delta Q(I) = Q(P(\cdot), I) - Q(P_{\text{одн}}, I)$ – приращение спроса на электроэнергию, связанное с переходом от одноставочного к социально-ориентированному многоставочному тарифу;

$\Delta R(I) = R(P(\cdot), I) - R(P_{\text{одн}}, I)$ – изменение расходов потребителей на оплату электроэнергии;

$\Delta S(I) = S(P(\cdot), I) - S(P_{\text{одн}}, I)$ – изменение потребительского излишка.

Результаты расчёта, характеризующие положение потребителей при переходе от действующего одноставочного к социально-ориентированному многоставочному тарифу при различных уровнях дохода отражены в табл. 2.

Таблица 2

I, руб. в месяц	$\Delta Q(I)$, кВт*ч	$\Delta R(I)$, руб.	$\Delta S(I)$, руб.
6 000	-26,55	-81,05	139
8 000	-20,38	-85,78	129
12 000	-5,69	-97,3	-150
13 000	-1,83	-30,76	119
14 000	2,12	13,19	223
16 000	10,24	8,69	248
18 000	18,61	3,24	296
20 000	27,19	-2,1	311
25 000	49,34	-13,98	356

Таким образом, при переходе от одноставочного тарифа к многоставочному нелинейному тарифу происходит сокращение объёмов потребления электроэнергии у потребителей со среднедушевым доходом ниже 14000 руб. Эти потребители ограничиваются социальной нормой. «Богатые» потребители с доходом от 14 000 увеличивают объём потребления. Важно отметить, что увеличение энергопотребления приводит к более равномерной загрузке электросетей. И благодаря эффекту масштаба производства нагрузка по обслуживанию сетей более равномерно распределяется между потребителями (производство кВт*ч электроэнергии обходится дешевле).

При этом расходы на оплату электроэнергии снижены у двух категорий потребителей:

- 1) потребители с доходом ниже 14 000 рублей в месяц;
- 2) потребители, доход которых превышает 18 000 рублей в месяц.

Первая группа потребителей выигрывает при переходе от одноставочного к многоставочному тарифу, поскольку их расходы компенсируются другими потребителями, чей доход выше. Данный тариф был смоделирован

таким образом, чтобы защитить интересы и обеспечить социальную поддержку малодоходных потребителей и перераспределить нагрузку по оплате электроэнергии между «бедными» и «богатыми» потребителями. Сокращение расходов второй группы связано с тем, что при больших объёмах потребления Q предельные цены приближается к предельным издержкам mc .

Анализ данной таблицы показывает также, что переход от одноставочного тарифа к разработанному многоставочному приводят к увеличению потребительского излишка у потребителей с доходом менее 8 000 руб. и у потребителей с доходом выше 13 000 руб. При этом значение потребительского излишка снижается у потребителей со средним значением дохода.

Разработанная модель социально-ориентированного потребительского тарифа на электроэнергию в регионе позволяет обеспечить защиту малообеспеченных слоев населения от повышения цены на электроэнергию в процессе ликвидации перекрестного субсидирования. В то же время данная модель позволяет энергокомпаниям работать на условиях самоокупаемости.

Список источников

1. Maddock, R. The Welfare impact of pricing block pricing: electricity in Columbia [текст] / R. Maddock, E. Castano // The Energy Journal. – 1991. – Vol.12. – № 4. – P. 65 – 77.

2. Богачкова, Л.Ю. О развитии системы цен в электроэнергетике: моделирование тарифного меню для населения [текст] / Л.Ю. Богачкова, Ю.В. Зайцева // Управление большими системами: Сборник трудов / Общая редакция – д.т.н., проф. Д.А. Новиков. – М.: ИПУ РАН, 2006. – Вып. 12 – 13. – С. 32 – 45.

3. Волконский, В.А. Конкуренция и регулирование в управлении электроэнергетикой (теоретические подходы) [текст] / В.А. Волконский, А.И. Кузовкин // Проблемы прогнозирования. Экономика – Экономика промышленности, 2007. – №4. – С. 54 – 73.

4. Воронина, С.А. Цена энергии для населения [текст] / С.А. Воронина, Ю.С. Кретинина, А.С. Некрасов // Проблемы прогнозирования, 1998. – №6. – С. 44 – 55.

5. Зайцева, Е.Е. Расчёт тарифного меню на электроэнергию для населения на примере одного из районов Волгоградской области [текст] / Е.Е. Зайцева, Л.Ю. Богачкова // Материалы Всероссийского Форума студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и инновации в технических университетах». СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. – С. 231 – 233.

6. Папков, Б.В. Анализ проблем формирования и внедрения дифференцированных тарифов на электроэнергию [текст] / Б.В. Папков // Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения. 1999. Вып. I. – С. 28 – 34.

7. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Волгоградской области [электронный ресурс]. URL: <http://www.volgastat.ru/default.aspx>.

MODELING OF MULTIRATE OF ELECTRIC POWER FROM SOCIAL NORM OF CONSUMPTION FOR POPULATION OF VOLGOGRAD

Korobkina Anastasia Aleksandrovna,

Senior Lecturer of the Chair of Mathematical Methods and Computer Science in Economy of Volgograd State University;

aeisfeld@yandex.ru

The optimization model of socially-focused multirate of electric power is developed. The first rate is for the volume of consumption equals to social norm, in such rate it is low. And the subsequent rates are from a maximization condition function of public welfare under condition of break-even of the power company. The model allows providing the protection of lower-income strata against increase of the price for the electric power in the course of liquidation of cross subsidizing. At the same time the given model allows the power company to work on the terms of self-support.

Keywords: block-tariff, public welfare function, social norm of currentconsumption.