

Разрешение конфликта при предоплате за электроэнергию

В электроэнергетике применяются различные виды тарифов в зависимости от уровня напряжения, времени суток и пр., обусловленные различными затратами энергокомпаний. Однако внедрение тарифов, дифференцированных по срокам платежа, приводит к возникновению конфликтной ситуации, поскольку сбытовая энергокомпания стремится получить платеж как можно раньше, а потребитель электроэнергии совершит его как можно позднее. Задача состоит в определении оптимального интервала времени, соответствующего разнице между моментами потребления электроэнергии и платежа за неё. В качестве критерия оптимальности рассматривается удовлетворение интересов как сбытовой энергокомпании, так и потребителя электроэнергии. При взаимодействии сбытовой энергокомпании с потребителями не наблюдается прямого противопоставления интересов, поскольку каждый из участников не заинтересован в ухудшении финансового состояния другого, следовательно, ситуацию можно рассматривать в виде неантагонистической игры двух лиц. Использование арбитражной схемы Нэша дает возможность определять оптимальный срок предварительной оплаты потребленной электроэнергии, а также сформировать справедливое распределение возникающей в этом случае экономии между потребителем и сбытовой энергокомпанией.

Ключевые слова: электроэнергия, тариф, предоплата, срок предоплаты, скидки с тарифа.

Развитие рыночных отношений в электроэнергетике вызывает необходимость дальнейшего совершенствования механизма регулирования тарифов, разработки методологии формирования экономически обоснованных тарифов и отдельных его составляющих.

Регулируемые тарифы на электрическую энергию, поставляемую потребителям, представляют собой сумму следующих слагаемых: 1) средневзвешенная стоимость единицы электрической энергии (мощности), приобретаемой гарантирующим поставщиком на оптовом и розничном рынках по регулируемым тарифам; 2) стоимость услуг по передаче единицы электрической энергии; 3) сбытовая надбавка гарантирующего поставщика; 4) сумма тарифов на прочие услуги, оказание которых является неотъемлемой частью процесса снабжения электрической энергией потребителей.

В настоящее время существует система дифференцированных тарифов на этапах генерации и передачи электроэнергии, что дает потребителю некоторую свободу при оптимизации электропотребления. Если обоснование тарифной ставки на производство, передачу и распределение электроэнергии осуществлялось и ранее, то порядок формирования и обоснования сбытовой надбавки еще не определен окончательно и находится в стадии разработки. Сбыт электроэнергии осуществляется на тарифах, общих для всех потребителей. Существующую систему тарифов в электроэнергетике возможно дополнить тарифами, дифференцированными по срокам платежа, которые

Перова Маргарита Борисовна, доктор экономических наук, профессор кафедры экономической теории, учета и анализа ФГБОУВПО «Вологодский государственный технический университет», Российская Федерация; Метляхин Александр Игоревич, ассистент кафедры экономической теории, учета и анализа ФГБОУВПО «Вологодский государственный технический университет», Российская Федерация.

могут быть установлены на стадии сбыта электроэнергии и осуществляться за счет сбытовой надбавки, путем оптимизации расходов, связанных с дебиторской задолженностью. Эта задача является актуальной как для энергоснабжающих организаций, так и для потребителей, поскольку преследует цель снижения перекрестного субсидирования и повышения платежной дисциплины потребителей.

Однако внедрение тарифов, дифференцированных по срокам платежа, приводит к возникновению конфликтной ситуации, поскольку сбытовая энергокомпания стремится получить платеж как можно раньше, а потребитель электроэнергии совершить его как можно позднее. Существенный разрыв между моментами потребления электроэнергии и платежа за него ведёт к заметному увеличению дебиторской задолженности у сбытовой энергокомпании, и, как следствие, к увеличению её расходов, связанных с основной деятельностью. Сбытовая энергокомпания для покрытия разрыва между сроками покупки электроэнергии и сроками платежа за электроэнергию использует кредиты и уплачивает проценты. При этом расходы, связанные с обеспечением дебиторской задолженности, составляют значительную часть сбытовой надбавки (10-15%). Снижение дебиторской задолженности ведет к уменьшению платежей по ее обслуживанию, что, в свою очередь, позволяет уменьшить тариф на поставляемую электроэнергию. Уровень снижения дебиторской задолженности для каждого отдельного потребителя может быть разным в зависимости от его экономических возможностей и схемы платежа.

Задача состоит в определении оптимального интервала времени, соответствующего разнице между моментами потребления электроэнергии и платежа за неё. В качестве критерия оптимальности рассматривается удовлетворение интересов как сбытовой энергокомпании, так и потребителя электроэнергии.

Сбытовая энергокомпания, которой приходится работать с большим количеством абонентов, как правило, определяет нормативный срок оплаты и соответствующую ему фиксированную тарифную ставку, поэтому речь идет о размере скидок с базовой цены при предоплате по сравнению с нормативным сроком и надбавок в случае, когда платёж производится позднее нормативного срока. Изменяя схему платежа, можно устанавливать различные по размеру скидки (надбавки) с тарифа, формируя тем самым, тарифы, дифференцированные по срокам платежа. В основе формирования таких тарифов лежит создание справедливых партнёрских отношений между сбытовой энергокомпанией и потребителями электроэнергии.

Поскольку в рассматриваемой ситуации имеет место конфликт интересов покупателя и продавца, основным инструментом определения оптимальных параметров может служить теория игр, позволяющая находить оптимальное поведение в конфликтных ситуациях. При взаимодействии сбытовой энергокомпании с потребителями не наблюдается прямого противопоставления интересов, поскольку каждый из участников не заинтересован в ухудшении финансового состояния другого. Следовательно, необходимо рассматривать неантагонистическую игру двух лиц, которая формально определяется как система $G = (X_1, X_2, H_1, H_2)$, где X_1, X_2 – множества стратегий первого и второго игроков, $X_1 \times X_2$ – множество ситуаций игры, а $H_1 : X_1 \times X_2 \rightarrow \mathbf{R}$; $H_2 : X_1 \times X_2 \rightarrow \mathbf{R}$ – функции выигрыша первого и второго игроков соответственно. В рассматриваемой задаче общий вид функций выигрыша обоих игроков можно представить следующим образом:

$$E_B = f_B(\Delta b, t_d, W_B, U_B), \quad (1)$$

$$E_S = f_S(n_k, k_p, Z_{DB}), \quad (2)$$

где E_B, E_S – чистые экономические эффекты потребителя и сбытовой энергокомпании от использования скидок за предоплату, руб.; Δb – скидка с тарифа для потребителя, руб./ кВт·ч; t_d – срок предоплаты (задержки платежа) со стороны потребителя, дни; U_b – оценка упущенной выгоды потребителя, руб.; W_B – средний месячный объем потребления электроэнергии, кВт·ч; n_k – размер годовой эффективной ставки по краткосрочным кредитам, отн. ед.; k_p – коэффициент распределения экономии при взаимодействии сбытовой энергокомпании и потребителя, отн. ед.; Z_{DB} – дебиторская задолженность со стороны потребителя, руб.

Функция выигрыша потребителя (1) отражает его желание получить как можно больший эффект от использования скидок за предоплату, который определяется системой скидок, количеством потребляемой электроэнергии, сроками предоплаты, а также упущенной выгодой потребителя.

Функция выигрыша сбытовой энергокомпании (2) показывает стремление получить максимально возможную экономию от предоставления скидок при предоплате. Эта экономия определяется существующей ставкой по краткосрочным кредитам, коэффициентом распределения экономии и объемом дебиторской задолженности, на размер которой непосредственное влияние оказывает используемая абонентом схема оплаты. Если платежи осуществляются в несколько этапов долями от общей суммы платежа, то средний срок предоплаты (t_d) может быть определен как разница между средним днём оплаты по нормативу и средним днём внесения фактических платежей. В каждом случае средний день оплаты определяется как средняя арифметическая величина из дней внесения платежей, взвешенных по доле платежа:

$$t_d = \sum_j t_{nj} q_j - \sum_j t_{nj}^{\phi} q_j^{\phi}, \quad (3)$$

где t_{nj}, t_{nj}^{ϕ} – срок j -го платежа по нормативу и фактически, дни; q_j, q_j^{ϕ} – доля j -го платежа в сумме месячного размера оплаты по нормативу и фактически, отн. ед. ($\sum_j q_j = 1, \sum_j q_j^{\phi} = 1$).

Размер общей экономии, возникающей при использовании скидок за предоплату, должен быть равен сумме процентов за кредит для обеспечения дебиторской задолженности, который следовало бы использовать, но не требуется брать в случае предварительной оплаты. Данная величина прямо пропорциональна ставке банковского процента (n_k), стоимости товара, приобретаемого в среднем за один день ($bW_B / 30$), и среднему сроку предоплаты (t_d). Тогда размер общей годовой экономии равен:

$$E_T = n_k t_d \frac{b W_B}{30}, \quad (4)$$

где b – базовая ставка тарифа на электроэнергию, руб./ кВт·ч.

Размер скидки определяется коэффициентом распределения общей экономии (k_p). Он отражает долю сэкономленных сбытовой энергокомпанией средств, возвращаемых потребителю в виде скидки с тарифа. Коэффициент распределения экономии служит

для повышения мотивации перехода потребителя к схеме расчетов с предоплатой, поскольку он может зависеть от срока предоплаты, и принимает значения в интервале от нуля до единицы. Например, $k_p = 0,5$ означает распределение полученной экономии от использования схемы с предоплатой в равных долях между сбытовой энергокомпанией и потребителем. В соответствии с этим годовая экономия потребителя составит:

$$E'_B = n_\kappa k_p t_d \frac{b W_B}{30}.$$

В общем случае оценка упущенной выгоды потребителя от использования схемы расчетов с предоплатой должна быть пропорциональна сумме месячного платежа и иметь прямую зависимость от среднего срока предоплаты:

$$U_B(t_d) = n_U t_d \frac{b W_B}{30}, \quad (5)$$

где n_U – относительная оценка упущенной выгоды потребителя, отн. ед.

Если у потребителя электроэнергии имеется возможность или внести платёж ранее нормативного срока, или держать эквивалентные денежные средства на депозитном вкладе с эффективной процентной ставкой n_o , то именно её и целесообразно учитывать в качестве относительной оценки упущенной выгоды каждого отдельного потребителя (n_U). В общем случае значение относительной оценки упущенной выгоды зависит от среднего срока предоплаты, для каждого отдельного потребителя она может быть индивидуальной и измеряется в годовых процентах. Она показывает размер эффективной процентной ставки, позволяющей компенсировать выгоду, которую можно извлечь из альтернативного использования денежных средств, направленных для предоплаты. При оплате в соответствии с нормативным сроком относительная оценка упущенной выгоды равна нулю, поэтому при рассмотрении зависимости $n_U(t_d)$ допустимо считать, что $n_U(0) = 0$. Кроме того, зависимость оценки упущенной выгоды от срока предоплаты $n_U(t_d)$ априорно должна удовлетворять следующим условиям:

- 1) упущенная выгода не может уменьшаться с увеличением срока предоплаты;
- 2) оценка упущенной выгоды в годовых процентах не должна превышать кредитной ставки процента, то есть выполняется неравенство $n_U(t_d) \leq n_\kappa$;
- 3) чем ближе относительная оценка упущенной выгоды к кредитной ставке процента, тем меньше будет её прирост при одном и том же увеличении среднего срока предоплаты.

С формальной точки зрения эти условия требуют, чтобы зависимость $n_U(t_d)$ была монотонно возрастающей функцией, для которой существует верхний предел n_κ . Найти подобную функцию можно с помощью решения следующего дифференциального уравнения:

$$\frac{d}{dt_d} n_U(t_d) = \alpha (n_\kappa - n_U(t_d)),$$

где α – некоторый коэффициент пропорциональности, принимающий значение в

интервале $[0; 1]$. В результате решения данного уравнения с начальным условием $n_U(0) = 0$ получим следующее выражение для оценки упущенной выгоды:

$$n_U(t_d) = n_K \left(1 - e^{-\alpha t_d}\right). \quad (6)$$

Значение параметра α может быть определено из дополнительного условия. В качестве параметра, характеризующего конкретного потребителя используется его относительная оценка упущенной выгоды при предоплате t_0 дней (c_0). Тогда должно выполняться следующее равенство: $n_U(t_0) = n_K \left(1 - e^{-\alpha t_0}\right) = c_0$.

Отсюда получим оценку значения параметра α :

$$\alpha = \frac{1}{t_0} \ln \left[\frac{n_K}{n_K - c_0} \right]. \quad (7)$$

Например, при среднем сроке предоплаты (t_0) равном 4 дням в качестве относительной оценки упущенной выгоды целесообразно использовать ставку по депозитам для юридических лиц в размере 2% годовых для вкладов с аналогичным сроком продолжительности. В этом случае при $n_K = 15\%$ оценка параметра $\alpha = 0,0358$. С учётом вышеизложенного выражение чистого экономического эффекта потребителя определяется как разность экономии потребителя и его упущенной выгоды:

$$E_B = \left(k_p - 1 + e^{-\alpha t_d}\right) n_K t_d \frac{b W_B}{30}. \quad (8)$$

Функция выигрыша сбытовой энергокомпании в рассматриваемой модели равна оставшейся части общей экономии:

$$E_S = (1 - k_p) n_K t_d \frac{b W_B}{30}, \quad (9)$$

Очевидно, что переменной в данной модели, которой может управлять потребитель, является средний срок предоплаты (t_d). Предполагается, что потребителю не выгодно совершать предоплату со сроком более T дней. Тогда можно считать, что $t_d \in [0; T]$. В свою очередь энергокомпания может варьировать коэффициент распределения экономии $k_p \in [0; 1]$.

Таким образом, рассматриваемый конфликт представлен в виде неантагонистической игры двух лиц и определяется функциями выигрыша (8) и (9):

$$G = \left([0; T], [0; 1], E_B(t_d, k_p), E_S(t_d, k_p)\right). \quad (10)$$

Основной вопрос, который стоит перед энергокомпанией и потребителем (разумными игроками) при совместном выборе решения в ходе переговоров: как прийти к соглашению относительно распределения суммарной экономии, полученной в результате введения скидок. Решение этого вопроса позволит установить оптимальный размер скидки, удовлетворяющий интересы обеих сторон. В качестве одного из способов решения сформулированной игры (10) можно предложить нахождение

равновесия по Нэшу в чистых стратегиях, что эквивалентно использованию максиминных стратегий для обоих игроков. В этом случае будем иметь:

$$E_B^0 = \max_{t_d} \min_{k_p} [E_B(t_d, k_p)] = 0,$$

$$E_S^0 = \max_{k_p} \min_{t_{np}} [E_S(t_d, k_p)] = 0.$$

Каждый из игроков (потребитель и энергокомпания) может самостоятельно гарантировать себе выигрыш не больший, чем существует в соответствии с нормативными сроками оплаты. Следовательно, использование скидок при предоплате будет эффективно только в том случае, если игроки будут учитывать интересы друг друга и придут к взаимовыгодной договоренности. Одним из самых эффективных методов решения задачи о переговорах является использование арбитражной схемы Нэша [1].

Арбитражная схема предполагает использование аксиоматического подхода при определении оптимального распределения выигрышей обоих игроков из переговорного множества S , в данном случае это справедливое распределение возникшей экономии, что гарантируется выполнением следующих аксиом:

1. Рациональность $E_B(t_d, k_p) \geq E_B^0$, $E_S(t_d, k_p) \geq E_S^0$.
2. Допустимость $(E_B(t_d, k_p), E_S(t_d, k_p)) \in S$.
3. Парето-оптимальность полученного решения.
4. Независимость от посторонних альтернатив, т.е. расширение переговорного множества или даёт новое решение, принадлежащее дополнению, или не меняет оптимального распределения.
5. Независимость от линейного преобразования функций выигрыша.
6. Симметричность.

В рассматриваемой задаче переговорное множество S ограничивается треугольником (рис. 1), вершины которого имеют координаты: $O(0;0)$, $A(E_B(t_d^*, 1);0)$ и $B(0; \mathcal{E}_S(t_d^*, 1-e^{-1}))$. Здесь t_d^* – оптимальный средний срок предоплаты, который позволяет получить потребителю максимальный чистый эффект при коэффициенте распределения $k_p = 1$, при этом $t_d^* = 1/\alpha$, а $k_p = 1 - e^{-1}$ – значение коэффициента распределения экономии, при котором скидка для потребителя будет равна упущенной выгоде даже при использовании оптимального срока предоплаты.

По Нэшу существует единственное решение, удовлетворяющее всем аксиомам, причем

$$(\overline{E}_B - E_B^0)(\overline{E}_S - E_S^0) = \max_{(E_B, E_S) \in S} (E_B - E_B^0)(E_S - E_S^0), \quad (11)$$

где $\overline{E}_B, \overline{E}_S$ – значение оптимальных (справедливых) выигрышей потребителя и энергокомпании от использования скидок при предоплате, руб.

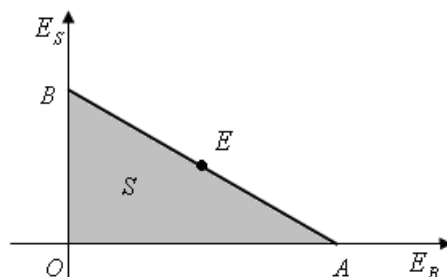


Рис. 1. Переговорное множество в игре G (10)

Поскольку в соответствии с третьей аксиомой решение поставленной задачи должно быть Парето-оптимальным, то оптимальные выигрыши для потребителя и сбытовой компании необходимо искать на прямой AB . Её уравнение имеет следующий вид:

$$E_S = n_{\kappa} t_d^* e^{-1} \frac{b W_B}{30} - E_B. \quad (12)$$

С учётом того, что $E_B^0 = 0$, $E_S^0 = 0$ и выполняется условие (12), максимум функции (11) достигается при следующих значениях функций выигрыша:

$$\overline{E_B} = \overline{E_S} = \frac{1}{2} n_{\kappa} t_d^* e^{-1} \frac{b W_B}{30}. \quad (13)$$

Значение оптимального коэффициента распределения экономии в этом случае равно:

$$k_p^* = 1 - \frac{e^{-\alpha t_d^*}}{2} = 1 - \frac{e^{-1}}{2}. \quad (14)$$

Следовательно, для создания взаимовыгодных отношений между потребителем и сбытовой энергокомпанией при установлении размера скидки при предоплате, с учетом (14), энергокомпания должна установить скидку в зависимости от числа дней предоплаты (t_d) по следующей формуле:

$$\Delta b = \left(1 - \frac{e^{-\alpha t_d}}{2} \right) \frac{n_{\kappa} t_d}{30} b \quad (15)$$

При анализе процесса сбыта электроэнергии полученное решение может быть интерпретировано следующим образом. Сбытовая энергокомпания при внедрении тарифов на электроэнергию, учитывающих возможную предварительную оплату, должна установить коэффициент распределения экономии в соответствии с выражением $k_p = 1 - e^{-\alpha t_d} / 2$ в зависимости от срока предоплаты, который выбирается потребителем. В этом случае потребителю целесообразно использовать схему платежа, дающую средний срок предоплаты $t_d^* = 1/\alpha$, что позволит получить взаимную выгоду как потребителю, так и сбытовой энергокомпания.

Таким образом, использование арбитражной схемы Нэша дает возможность определить оптимальный срок предварительной оплаты потребленной электроэнергии, а также сформировать справедливое распределение возникающей в этом случае

экономии между потребителем и сбытовой энергокомпанией.

Использование данных подходов позволило разработать дифференцированную систему скидок и надбавок к тарифу на электроэнергию в зависимости от сроков платежа. Соответственно установленным скидкам с тарифа изменяется ставка дифференцированного одноставочного тарифа. Используя данную систему скидок (надбавок) потребители вправе выбирать наиболее удобный для них режим платежа. Несмотря на незначительные, на первый взгляд, скидки с тарифа среднемесячный платеж за электроэнергию и годовая экономия потребителя могут быть достаточно существенны. Например, на металлургическом комбинате при среднем сроке предоплаты равном 5 дням среднемесячный платеж снижается на 0,43 млн руб., а годовая экономия потребителя составляет 5,1 млн руб.

1. Смольяков Э. Р. Теория конфликтных равновесий / Э. Р. Смольяков – М. : Едиториал УРСС. – 2005. – 304 с.

Получено 07.12.2010 г.

М. Б. Перова, О. І. Метляхін

Вирішення конфлікту при передоплаті за електроенергію

У електроенергетиці застосовуються різні види тарифів залежно від рівня напруги, часу доби тощо, зумовлені різними витратами енергокомпаній. Проте впровадження тарифів, диференційованих за термінами платежу, призводить до виникнення конфліктної ситуації, оскільки збутова енергокомпанія прагне отримати платіж якомога раніше, а споживач електроенергії зробити його якомога пізніше. Завдання полягає у визначенні оптимального інтервалу часу, відповідного різниці між моментами споживання електроенергії та платежу за неї. У якості критерію оптимальності розглядається задоволення інтересів як збутової енергокомпанії, так і споживача електроенергії. При взаємодії збутової енергокомпанії із споживачами не спостерігається прямого протиставлення інтересів, оскільки кожен з учасників не зацікавлений у погіршенні фінансового стану іншої, отже, ситуацію можна розглядати у вигляді неантагоністичний гри двох осіб. Використання арбітражної схеми Неша дає можливість визначити оптимальний термін попередньої оплати спожитої електроенергії, а також сформувати справедливий розподіл економії між споживачем і збутової енергокомпанією.

Ключові слова: електроенергія, тариф, передоплата, термін передоплати, знижки з тарифу.

M. B. Perova, A. I. Metljahin

The solving of the conflict at an advance payment for the electric power

In electric power industry various kinds of tariffs are applied depending on a level of voltage, time of day and so forth, caused by various expenses of the power companies. However introduction of the tariffs differentiated on terms of payment, results in occurrence of a disputed situation as the marketing power company aspires to receive payment as soon as possible, and the consumer of the electric power to make it as late as possible. The problem consists in the definition of an optimum interval of the time between the moments of a current consumption and payment for it. As the criterion of the optimality the satisfaction of interests both of the marketing power company and the consumer of the electric power is considered. At interaction of the marketing power company with consumers there is no direct opposition of their interests as each of the participants is not interested in deterioration of a financial condition of the other one. Hence, it is necessary to consider nonantagonistic game of two persons. The use of the arbitration scheme of Nash enables to define an optimum term of the advance payment of the consumed electric power and also to generate a fair distribution of the economy arising in this case between the consumer and the marketing power company.

Keywords: the electric power, the tariff, an advance payment, term of an advance payment, the discount from the tariff.