

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННОГО МЕХАНИЗМА

УДК 621.311.09.3

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ О ВЕЛИЧИНЕ СРЕДНЕГО ТАРИФА НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ В УСЛОВИЯХ НЕОДНОЗНАЧНОСТИ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Барыкин Е.Е., Воропаева Ю.А., инженеры, Косматов Э.М., канд. техн. наук, Ногин В.Д.,
канд. физ.-мат. наук

АО Ленэнерго – Санкт-Петербургский государственный технический университет

Создание на базе районных энергетических объединений акционерных обществ дало последним самостоятельность при определении источников инвестирования и расчете тарифов на энергию. Плановым службам приходится оперативно реагировать на рост цен на энергоносители, спад промышленного производства, структурные изменения в балансе производства и потребления энергии. Все это ведет к состоянию неопределенности при установлении одного из самых важных показателей в энергетическом объединении – среднего тарифа на электроэнергию.

При принятии решений в условиях неоднозначности исходной информации возможны следующие ситуации:

- 1 – известны вероятности значений исходной информации;
- 2 – могут быть указаны лишь граничные значения исходной информации.

В первом случае выбор решения может быть осуществлен по критерию минимума математического ожидания затрат (либо математического ожидания потерь). Однако при выборе плановых значений показателей производственно-хозяйственной деятельности (ППХД) этот критерий практически невозможно использовать из-за отсутствия данных о вероятности значений исходной информации в планируемом периоде.

Во втором случае выбор решения связан с неоднозначностью использования критериев, разработанных в теории принятия решений.

Обозначим варианты условий S_j , возможные варианты стратегий A_i , затраты по варианту i при условии j Z_{ij} . По наборам вариантов стратегий и условий строится платежная матрица

$$(Z_{ij}), (i = 1, \dots, m); (j = 1, \dots, n).$$

Для выбора решения на основе платежной матрицы могут быть использованы следующие критерии:

1. Минимум средних затрат. Выбирается вариант A_i , который соответствует

$$\min_i \frac{\sum_{j=1}^n Z_{ij}}{n}.$$

Недостатком этого критерия является предположение о равной вероятности появления всех условий S_j , что может не соответствовать действительности.

2. Критерий минимаксных затрат. Выбирается вариант, который отвечает условию:

$$\min_i \max_j Z_{ij}.$$

Этот критерий является максимально осторожным.

Таблица 1

Стратегия		Затраты на производство электроэнергии, млн. руб.			
Собственная выработка, млн. кВт·ч	Покупная электроэнергия, млн. кВт·ч	min C _T	min C _T	max C _T	max C _T
		min C _{пэ}	max C _{пэ}	min C _{пэ}	max C _{пэ}
2280,0	3164,8	24 261,354	27 670,702	33 941,358	37 250,705
2840,0	2586,2	23 077,191	25 781,510	34 162,226	36 866,546
3180,0	2306,6	20 062,717	22 474,710	29 650,830	32 062,822

3. Критерий минимаксного риска

$$\min_i \max_j \Delta z_{ij}, \Delta z_{ij} = z_{ij} - \min_i z_{ij}$$

где Δz_{ij} – показатель риска.

Второй и третий критерии ориентированы на осуществление самых худших условий, однако они предохраняют от наибольших потерь.

4. Критерий пессимизма–оптимизма.

$$\min[M\alpha + m(1-\alpha)], \text{ где } M = \max_j z_{ij};$$

$$m = \max_j z_{ij};$$

$0 \leq \alpha \leq 1$ – взвешивающий множитель (показатель пессимизма–оптимизма).

Основной недостаток этого критерия – в субъективном определении α .

5. Обобщенный критерий, при котором кроме минимальных и максимальных значений z_{ij} принимают в расчет их среднеарифметическое значение:

$$z = \min_i \left[\frac{1}{3} \left(\max_j z_{ij} + \min_j z_{ij} + \bar{z}_{ij} \right) \right]$$

В общем случае использование перечисленных субъективных критериев выбора решений может привести к различным результатам, тогда принимается компромиссное решение.

Далее приводится пример использования описанных критериев при выборе среднего тарифа на электроэнергию в условиях неопределенности исходной информации по ценам на топливо и тарифа на покупную электроэнергию. Расчеты выполнялись для II квартала 1993 г. в соответствии с "Положением о государственном регулировании тарифов на электрическую и тепловую энергию в Российской Федерации на 1993 г.", диапазоны изменения цен на топливо и тарифа на покупную электроэнергию определялись экспертным путем.

По результатам опроса экспертов далее приведены крайние значения цен на топливо и тарифов на покупную электроэнергию

	Уровень цены	
	минимальный	максимальный
Мазут, руб/т	15 000	30 000
натурального топлива		
Уголь, руб/т	1150	2000
натурального топлива		
Газ, руб/10 000 м ³	4000	7600
Покупная электроэнергия, коп/(кВт·ч)	451	545

Рассматривалась следующая линия поведения – при постоянной величине полезного отпущения электроэнергии потребителям варьиро-

Таблица 2

Стратегия		Критерии			
Собственная выработка, млн. кВт·ч	Покупная электроэнергия, млн. кВт·ч	$\min_i \frac{\sum_{j=1}^n z_{ij}}{n}$	$\min_i \max_j z_{ij}$	$\min_i \max_j \Delta z_{ij}$	$\min[\alpha M + m(1-\alpha)]$ $\alpha = 0,5$
		2280,0	3164,8	30 806,02	37 250,71
2840,0	2586,2	29 971,86	36 866,55	4803,7	29 971,9
3180,0	2306,6	26 062,00	32 062,82	0,0	26 062,8

Таблица 3

Стратегия	Прибыль, млн. руб.											
	$W_{\text{выр}} = 2280,0$ млн. кВт·ч $W_{\text{пок}} = 3164,8$ млн. кВт·ч				$W_{\text{выр}} = 2890,0$ млн. кВт·ч $W_{\text{пок}} = 2586,2$ млн. кВт·ч				$W_{\text{выр}} = 3180,0$ млн. кВт·ч $W_{\text{пок}} = 2306,64$ млн. кВт·ч			
тариф, руб/(кВт·ч)	min C_T	min C_T	max C_T	max C_T	min C_T	min C_T	max C_T	max C_T	min C_T	min C_T	max C_T	max C_T
	min $C_{\text{пэ}}$	max $C_{\text{пэ}}$	min $C_{\text{пэ}}$	max $C_{\text{пэ}}$	min $C_{\text{пэ}}$	max $C_{\text{пэ}}$	min $C_{\text{пэ}}$	max $C_{\text{пэ}}$	min $C_{\text{пэ}}$	max $C_{\text{пэ}}$	min $C_{\text{пэ}}$	max $C_{\text{пэ}}$
5	-1321,4	-4630,7	-10901,4	-14210,7	-37,2	-2741,5	-11122,22	-13826,5	2977,3	565,3	-6610,8	-9022,8
6	3286,7	-22,7	-6293,4	-9602,7	4570,8	1866,5	-6514,2	-9218,5	7585,3	5173,3	-2002,8	-4414,8
7	7894,7	4585,3	-1685,4	-4994,7	9178,8	6474,5	-1906,2	-4610,5	12193,3	9781,3	2605,2	193,2
8	12502,7	9193,3	2922,6	-386,7	13786,8	11082,5	2701,8	-2,5	16801,3	14389,3	7213,2	4801,2
9	17110,7	13801,3	7530,6	4221,3	18394,8	15690,5	7309,8	4605,5	21409,3	18997,3	11821,2	9409,2
10	21718,7	18409,3	12138,6	8829,3	23002,8	20248,5	11917,8	9213,5	26017,3	23605,3	16429,2	14017,2
11	26326,6	23017,3	16746,6	13437,3	27610,8	24906,5	16525,8	13821,5	30625,3	28213,3	21037,2	18625,2

валось соотношение между собственной выработкой энергетического объединения и покупной электроэнергией. По результатам расчетов составлена матрица затрат (табл. 1), где C_T – цена топлива, $C_{\text{пэ}}$ – тариф на покупную электроэнергию.

Процесс обработки платежной матрицы с применением различных критериев дал результаты, приведенные в табл. 2.

По результатам табл. 2 можно сделать вывод, что для данных II квартала 1993 г. по всем критериям целесообразна последняя стратегия, при которой объем покупной электроэнергии минимален.

Для определения конкретного значения среднего тарифа на электроэнергию составим матрицу эффектов по следующей формуле:

$$П_{ij} = T_{\text{эи}} W_{ij} - I_{ij}$$

где $П_{ij}$ – прибыль от реализации электроэнергии; $T_{\text{эи}}$ – средний тариф на электроэнергию; W_{ij} – полезный отпуск электроэнергии; I_{ij} – затраты на производство электроэнергии (по табл. 1).

В расчетах изменялись значения среднего тарифа на электроэнергию от 5 до 11 руб/(кВт·ч) с шагом 1 руб/(кВт·ч). По результатам расчетов составлена матрица эффектов (табл. 3), из которой видно, что, начиная с тарифа 9 руб/(кВт·ч), прибыль у всех возможных вариантов положительна.

Если не рассматривать строки, где имеются значения отрицательной прибыли, то таблица начинается стратегией, при которой тариф равен 9 руб/(кВт·ч). Из матрицы эффектов, как и из матрицы затрат, следует, что при исходных данных II квартала 1993 г. при-

быль энергетического объединения будет наибольшей, если в структуре полезного отпуска преобладает собственная выработка над покупной электроэнергией.

Расчет критериев для стратегий от 9 до 11 руб/(кВт·ч) дал следующие результаты. По критерию максимина (пессимистическому) оптимальной является стратегия, при которой задаваемый тариф равен 9 руб/(кВт·ч). По остальным критериям оптимальной является стратегия, тариф которой последний в матрице и в данном случае равен 11 руб/(кВт·ч), что соответствовало среднему тарифу в июле 1993 г.

Таким образом, применение теории принятия решений в условиях неопределенности дает ответ об уровне среднего тарифа на электроэнергию, но неоднозначность результата сохраняется. Во избежание этого следует рассматривать более широкий набор факторов, влияющих на результат, или использовать другие методы выбора решений, например, теорию нечетких множеств.

Методы теории нечетких множеств позволяют использовать опыт и интуицию специалистов-экспертов, что снижает неопределенность при выборе решений и обеспечивает более качественную аналитическую обработку исходной информации.

На основе данных, приведенных в приложении, выполнен прогноз среднего тарифа на электроэнергию в АО Ленэнерго на II квартал 1993 г. Использован следующий порядок расчетов:

1. Выбор основных показателей, определяющих величину среднего тарифа на электроэнергию. К их числу отнесены: цена ма-

Таблица 4

Показатель	Эксперты			Результирующая экспертная оценка
	1	2	3	
Цена мазута, руб/т	(16 000; 16 000; 0; 0; 0; 0,95)	(17 000; 17 000; 0; 0; 1) ∪ (22 293; 22 293; 0; 0; 0,75) ∪ (35 000; 35 000; 0; 0; 0,1)	(17 000; 20 000; 0; 0; 0,9)	(16 666; 17 666; 0; 0; 0,9) ∪ (18 431; 19 431; 0; 0; 0,75) ∪ (22 666; 23 666; 0; 0; 0,1)
Тариф на покупную электроэнергию, руб/(кВт·ч)	-	(5,45; 5,45; 0; 0; 0,9) ∪ (2,61; 2,61; 0; 0; 1)	(2,1; 2,6; 0; 0; 1)	(2,52; 2,68; 0; 0; 0,9) ∪ (1,51; 1,73; 0; 0; 0,1)
Процент мазута	(59; 59; 0; 0; 1)	(59; 59; 0; 0; 0,5) ∪ (50; 50; 0; 0; 0,5)	(55; 65; 0; 0; 0,8)	(57,7; 61,1; 0; 0; 0,5) ∪ (54,7; 58,1; 0; 0; 0,5)

зута, процент мазута в структуре сжигаемого топлива ТЭС АО Ленэнерго, тариф на покупную электроэнергию.

2. Разработка формы опросного листа, в котором экспертам предлагается дать ответ о диапазоне изменения факторов и их функциях принадлежности.

3. Обработка опросных листов: по правилам выполнения операций с нечеткими числами получить результирующие экспертные оценки по диапазонам изменения факторов и их функций принадлежности (табл. 4).

4. Установление зависимостей изменения средних значений тарифов на электроэнергию при варьировании цены мазута, удельного веса мазута в структуре сжигаемого топлива и тарифа на покупную электроэнергию в пределах, получаемых на основе обработки опросных анкет. Расчеты проводились по программе на ПЭВМ в соответствии с "Положением о государственном регулировании тарифов на электрическую и тепловую энергию в Российской Федерации на 1993 год". Результаты расчетов показаны на рис. 1.

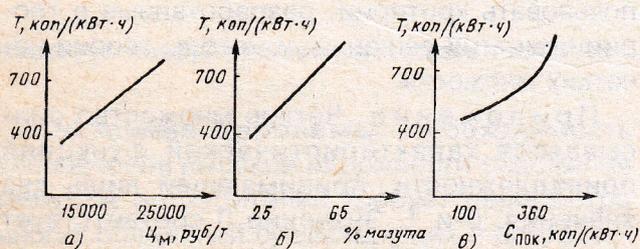


Рис. 1. Изменение среднего тарифа в зависимости от цены мазута (а), структуры топлива (б), тарифов на покупную электроэнергию (в)

5. Построение функции принадлежности среднего тарифа на электроэнергию в диапазоне изменения каждого исследуемого фактора (рис. 2).

6. Расчет суммарной экспертной оценки изменения среднего тарифа на электроэнергию, которая определяется на основе двух видов зависимостей:

изменении среднего тарифа на электроэнергию от цены мазута, структуры топлива и тарифов на покупную электроэнергию;

суммарной экспертной оценки цены мазута, структуры топлива и тарифов на покупную электроэнергию.

Если обозначить эти зависимости соответственно $y = f(x)$ и $z = g(x)$, то сложная функция $z = g[f^{-1}(y)]$ будет представлять собой степень уверенности экспертов в изменении среднего тарифа в зависимости от того или иного показателя (рис. 3), и сумма показанных на графиках нечетких чисел даст суммарную экспертную оценку ожидаемого среднего тарифа на электроэнергию (рис. 3, г). Процесс суммирования проводится с учетом ве-

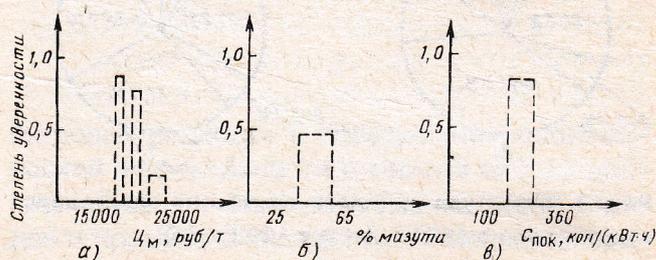


Рис. 2. Результирующая экспертная оценка ожидаемых цен на мазут (а), структуры используемого топлива (б), тарифов на покупную электроэнергию (в)

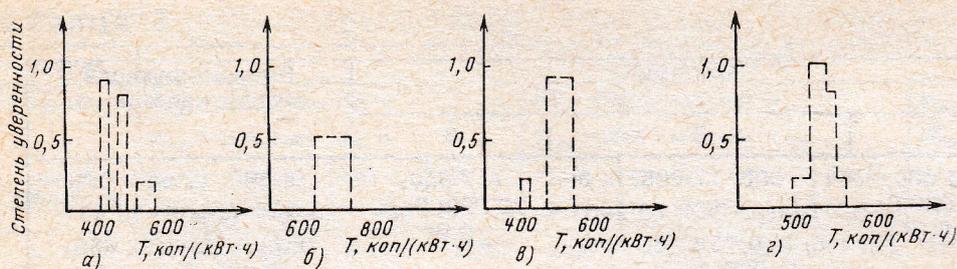


Рис. 3. Экспертная оценка изменения уровня среднего тарифа в зависимости от цены на мазут (а), структуры используемого топлива (б), тарифов на покупную электроэнергию (в) и суммарная экспертная оценка изменения уровня среднего тарифа на электроэнергию (г)

совых коэффициентов, соответствующих доле данного показателя в среднем тарифе на электроэнергию. В качестве примера на рис. 4 показана структура среднего тарифа на электроэнергию на 1991 и 1992 гг. В расчетах принимали весовые коэффициенты по мазуту – 0,155; по тарифу на покупную электроэнергию – 0,365. Оставшаяся часть среднего тарифа с весовым коэффициентом 0,48 условно рассматривалась как постоянная. Нечеткое число, в форме которого представлена суммарная экспертная оценка на рис. 3, представляет собой нечеткое множество с функцией принадлежности, имеющей область определения на интервале вещественной оси [506, 554], т.е. значение среднего тарифа на электроэнергию к концу II квартала 1993 г. с наибольшей вероятностью находится в интервале [506, 554] коп/(кВт·ч). К концу II квартала 1993 г. средний тариф на электроэнергию в АО Ленэнерго составил 593 коп/(кВт·ч), что достаточно близко к полученным данным. Погрешность расчета обусловлена тем, что в рассматриваемом примере не учтен ряд дру-

гих факторов, имеющих значительное влияние на величину среднего тарифа (цена газа, цена угля, объем покупной электроэнергии, соотношение между выработкой ТЭС и ГЭС и т.д.). Не совсем корректной является также фиксация на текущем значении условно-постоянных затрат. Эту долю можно рассматривать как переменную, например, путем умножения текущего ее значения на средний показатель удорожания тарифов или путем включения в экспертный опрос вопросов типа: "Изменится ли величина всех остальных показателей, входящих в калькуляцию себестоимости и влияющих на величину среднего тарифа?"

Подводя итоги, можно сказать, что несмотря на определенные недостатки, методы теории нечетких множеств позволяют учесть субъективные мнения специалистов-экспертов и тем самым снизить неопределенность при прогнозировании ППХД энергетических объединений.

Вывод

Для повышения обоснованности выбора плановых показателей производственно-хозяйственной деятельности энергетических объединений в условиях неопределенности исходной информации рекомендуется использовать критерии, разработанные в теории принятия решений, и методы теории нечетких множеств.

Приложение. Четкое множество описывается характеристической функцией принадлежности, принимающей лишь два значения: 0 и 1. Значение 0 соответствует тому, что данный элемент не входит в множество, а 1 – элемент входит в множество. При этом под множеством, как обычно, понимается совокупность элементов, облада-

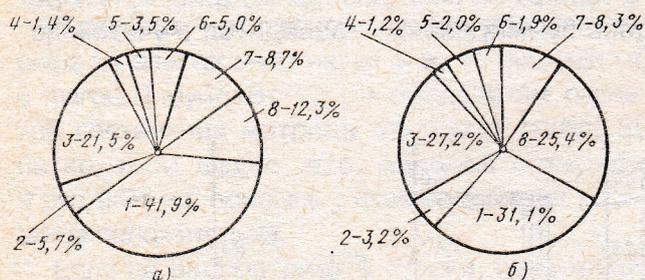


Рис. 4. Структура среднего тарифа на электрическую энергию в 1991 г. (а) и в 1992 г. (б):

1 – покупная электроэнергия; 2 – оплата труда; 3 – топливо; 4 – социальное страхование; 5 – амортизация на реновацию; 6 – прибыль на капиталовложения; 7 – прибыль предприятия; 8 – прочие затраты

ющих некоторым общим свойством. В теории нечетких множеств принадлежность каждого элемента может быть охарактеризована любым числом из отрезка $[0, 1]$. Это число выражает степень уверенности в принадлежности данного элемента данному нечеткому множеству. Например, пусть $X = \{x\}$ некоторое четкое множество, которое называют универсальным. Нечеткое множество A в X определяется как совокупность упорядоченных пар, составленных из элементов x универсального множества и соответствующей степени принадлежности (или уверенности) $\mu_A(x) \in [0, 1]$:

$$A = \{[x, \mu_A(x)] \mid x \in X\},$$

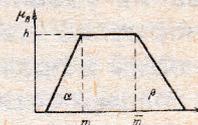
где μ_A — функция, заданная на множестве X и принимающая значение из отрезка $[0, 1]$.

К нечетким множествам применимы такие общеизвестные теоретико-множественные операции, как объединение, пересечение, дополнение и разность¹. Функция принадлежности может быть самого различного вида. Далее рассматриваются трапециевидные функции принадлежности. Нечеткое трапециевидное число B однозначно задается набором из пяти чисел: $B = (\underline{m}, \overline{m}, \alpha, \beta, h)$, где $0 < h \leq 1$.

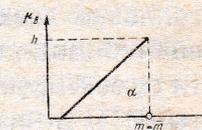
Описание функции принадлежности

Форма функции принадлежности

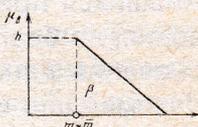
Показатель не принимает значения менее $(\underline{m} - \alpha)$ и более $(\overline{m} + \beta)$. Со степенью уверенности h принимает все возможные значения в диапазоне от \underline{m} до \overline{m}



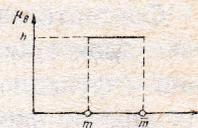
Показатель не принимает значения менее $\underline{m} = \overline{m}$ и более $\underline{m} = \overline{m}$. Со степенью уверенности h показатель принимает значение $\underline{m} = \overline{m}$



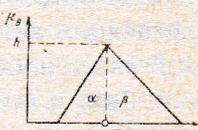
Показатель не принимает значения менее $\underline{m} = \overline{m}$ и более $(\overline{m} + \beta)$. Со степенью уверенности h показатель принимает значение $\underline{m} = \overline{m}$



Показатель не принимает значения менее \underline{m} и более \overline{m} . Со степенью уверенности h принимает все возможные значения в диапазоне от \underline{m} до \overline{m}



Показатель не принимает значения менее $(\underline{m} - \alpha)$ и более $(\overline{m} + \beta)$. Со степенью уверенности h показатель принимает значение $\underline{m} = \overline{m}$



Нечеткие числа можно складывать и перемножать.

УДК 621.311.22:697.34.338.51

О МЕТОДИКЕ УЧЕТА НАДЕЖНОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТАРИФА НА ТЕПЛОВУЮ ЭНЕРГИЮ, ОТПУСКАЕМУЮ ЭНЕРГОСИСТЕМАМИ ПРОМЫШЛЕННЫМ И КОММУНАЛЬНЫМ ПРЕДПРИЯТИЯМ

Попырин Л.С., чл.-кор. РАН, Дильман М.Д., инж.

Институт энергетических исследований РАН

Состояние проблемы. Необходимость обеспечения высокой надежности снабжения теплотой потребителей требует пересмотра многих положений существующих и разработ-

ки новых подходов к определению экономической эффективности развития систем централизованного теплоснабжения (СЦТ) городов и промышленных центров. Меняются приоритеты целей и эффектов, достигаемых при развитии СЦТ. В этом же направлении действует переход к рыночным отношениям.

¹ Дюбуа Д., Прад А. Теория возможностей. Приложение к представлению знаний в информатике. М.: Радио и связь, 1990.