

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АГРЕГИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

### Введение

Курс на активную энергосберегающую политику нашел отражение в Законе Украины "Об энергосбережении" [1], в Глобальной стратегии энергосбережения для Украины [2], в "Комплексной Государственной программе энергосбережения Украины на 1995-2005 годы" [3], в Директивах, Резолюциях и Рекомендациях Совета Европы [4-6], а также в Указе Президента Украины [7], в ряде Постановлений Кабинета Министров Украины [8-11] и приказов Государственного комитета Украины по энергосбережению [12, 13].

В современных условиях нарастающего дефицита энергоресурсов, усугубляемого явлениями экономического кризиса, разработка направлений и реализация политики энергосбережения имеют особую важность. Энергосбережение приобретает такое значение, что может рассматриваться как дополнительный источник энергии. Экономическая эффективность энергосбережения определяется прежде всего тем, что мероприятия по экономии энергии требуют существенно меньших затрат по сравнению с производством эквивалентного количества энергоресурсов. Большая роль в энергосбережении принадлежит промышленным предприятиям, потребляющим более 50 % добываемых энергетических ресурсов (ЭР) страны [14]. Экономия энергии должна достигаться, прежде всего, за счет внедрения энергосберегающих технологий и оборудования, рационального использования ЭР. В то же время значительная экономия ЭР может быть получена благодаря применению новых методов управления энергохозяйством промышленных предприятий [14].

### Постановка задачи

Один из первых вопросов, который возникает в процессе организации и проведения работы по энергосбережению в любой производственной системе - это вопрос о том, эффективно или неэффективно используются ЭР на данном объекте.

Ответ на этот вопрос должен быть как можно более объективным. Поэтому его получение необходимо основывать на определении значений конкретных количественных показателей. Обобщенно они могут быть названы показателями эффективности использования ЭР. Такие показатели должны отражать величину полезного расхода и потерь того или иного вида ЭР как при осуществлении производственных процессов, так и в процессах преобразования, передачи и распределения ЭР [15, 16].

Определение фактических значений таких показателей, в принципе, позволяет сопоставлять их с аналогичными величинами, достигнутыми на подобных отечественных или зарубежных объектах. Даже такое примитивное сравнение позволяет в первом приближении судить о том, рационально или нерационально используется энергия на соответствующем производственно-хозяйственном объекте, а также сделать предварительный вывод о возможности и экономической целесообразности решения задач энергосбережения на данном объекте, т.е. о имеющемся на нем потенциале энергосбережения.

Существует множество разнообразных подходов к оценке эффективности использования энергоресурсов (ЭИЭР) [14-32]. Анализируя существующие в Украине и России показатели ЭИЭР, можно выделить следующие основные группы этих показателей (индикаторов) [14-32]:

- нормируемые показатели энергетической эффективности продукции, которые вносятся в государственные стандарты, технические паспорта продукции, техническую и конструкторскую документацию и используются при сертификации продукции, энергетической экспертизе и энергетических обследованиях;

- показатели энергетической эффективности производственных процессов, которые вносятся в стандарты и энергетические паспорта предприятий и используются в ходе

осуществления государственного надзора за эффективным использованием ЭР и проведении энергетических обследований органами государственного надзора (для России);

- показатели (индикаторы) реализации энергосбережения (отражаются в статотчетности, нормативных, правовых и программно-методических документах, контролируются структурами государственного управления и надзора);

- различные альтернативные показатели, которые предлагаются к использованию в научно-технической литературе для устранения недостатков, присущих перечисленным выше основным группам показателей при их использовании для оценки эффективности использования ЭР на предприятии.

Вместе с тем, не существует комплексных показателей, характеризующих ЭИЭР, которые отличали бы одно предприятие от другого как по внешним параметрам (уровню потребления энергоресурсов, источникам его обеспечения, значению энергетической составляющей в себестоимости основной продукции и др.), так и по внутренним (структуре управления, составу энергоиспользующего оборудования, показателям энергоиспользования, системе организации эксплуатации и ремонта и др.).

Многообразие приведенных показателей затрудняет осуществление быстрой и приемлемо точной оценки ЭИЭР. В этой связи актуальной является проблема поиска унифицированного методологического подхода к комплексной оценке ЭИЭР.

#### Описание математической модели

Прежде чем говорить об анализе ЭИЭР, необходимо определиться с существующим уровнем ЭИЭР в производственной системе. **Уровень ЭИЭР** - это не абсолютное значение ЭИЭР, а относительная величина, показывающая, насколько выше или ниже фактическая ЭИЭР в производственной системе относительно ЭИЭР идеала-аналога [33]. При этом сравнение идет не самих значений ЭИЭР, а величин показателей, характеризующих ЭИЭР в производственной системе. В общем случае, под оценкой уровня ЭИЭР в производственной системе следует понимать сравнение фактической ЭИЭР в производственной системе с эталоном (идеалом-аналогом) по заранее определенной системе показателей. Идеалом-аналогом (лучше сказать - базовыми показателями идеала-

аналога) может выступать идеализированная производственная система аналогичного отраслевого назначения, которая имеет наилучшие фактические показатели, характеризующие ЭИЭР по отрасли на данный момент времени.

В производственной системе уровень ЭИЭР может определяться после длительного простоя производства, при проведении энергетической сертификации производственной системы [33], при периодическом или выборочном энергетическом контроле и т.д.

Уровень ЭИЭР на любом производственном объекте зависит от совместного действия многих внутривидовых и внепроизводственных факторов. Для учета влияния этих факторов необходимо разработать систему показателей, которая могла бы адекватно учитывать влияние указанных факторов при оценке уровня ЭИЭР.

Тогда уровень ЭИЭР можно охарактеризовать системой показателей, которые изменяются в некоторых пределах:

$$Y_{эф} = \begin{cases} \Pi_{1,min} \leq \Pi_1 \leq \Pi_{1,max} \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \Pi_{i,min} \leq \Pi_i \leq \Pi_{i,max} \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \Pi_{N,min} \leq \Pi_N \leq \Pi_{N,max} \end{cases} \quad (1)$$

где  $Y_{эф}$  - уровень ЭИЭР производственным объектом;

$\Pi_{i,min}$ ,  $\Pi_{i,max}$  - минимальное и максимальное значение  $i$ -го показателя, характеризующего ЭИЭР,  $i = \overline{1, N}$ ;

$N$  - общее количество показателей, характеризующих ЭИЭР;

$\Pi_i$  - фактическое значение показателя, характеризующего ЭИЭР.

Для оценки уровня ЭИЭР авторами разработана методика агрегированной оценки уровня ЭИЭР. В общем случае алгоритм агрегированной оценки уровня ЭИЭР в производственной системе состоит из нескольких этапов [34].

**Этап 1.** Формирование исходного набора показателей для оценки уровня ЭИЭР

На данном этапе отбираются показатели, по которым будет осуществлена комплексная оценка уровня ЭИЭР на предприятии. Для формирования такого набора показателей

предлагается рассматривать ЭИЭР в производственной системе с нескольких позиций. При этом формируемый набор показателей необходимо разделить на смысловые группы, которые составят структуру комплексной оценки. Например, при оценке электрохозяйства производственной системы в формируемый набор могут входить следующие группы показателей [34]:

1. *Организационно-управленческие показатели*: степень реализации политики и программы энергосбережения; роль руководства производственной системы в повышении уровня ЭИЭР; степень функционирования системы энергетического менеджмента; показатель информированности персонала о деятельности производственной системы по повышению уровня ЭИЭР; показатель стимулирования персонала к повышению уровня ЭИЭР.

2. *Технико-экономические показатели*: доля стоимости электрической энергии в себестоимости продукции; электроемкость продукции; фактический удельный расход электрической энергии на технологию; нормативный удельный расход электрической энергии на технологию.

3. *Показатели технического совершенства основного и вспомогательного электропередающего и электропотребляющего оборудования*: средний коэффициент использования мощности электропотребляющего оборудования; среднесуточный коэффициент загрузки электропотребляющего оборудования (по мощности); среднесуточный коэффициент загрузки трансформаторов цеховых трансформаторных подстанций и кабельных линий 6 (10) кВ; показатель технического состояния электропотребляющего оборудования; показатель технического состояния трансформаторов цеховых трансформаторных подстанций и кабельных линий 6 (10) кВ; средний фактический срок службы электропотребляющего оборудования; средний фактический срок службы трансформаторов цеховых трансформаторных подстанций и кабельных линий 6 (10) кВ; средний фактический КПД электропотребляющего оборудования при номинальной нагрузке по мощности.

4. *Показатели режима потребления электроэнергии*: средневзвешенный коэффициент мощности; среднемесячный коэффициент энергоиспользования активной мощности;

коэффициент одновременности; коэффициент максимума; коэффициент разновременности максимумов нагрузки; коэффициент спроса; коэффициент формы графика активной мощности; коэффициент заполнения графика активной мощности; длительность максимума нагрузки; длительность максимума потерь мощности; показатели качества электроэнергии.

5. *Показатели состояния средств учета и контроля ЭР*: степень функционирования коммерческого учета электроэнергии; степень функционирования технического учета электроэнергии.

После формирования исходного набора показателей для оценки уровня ЭИЭР необходимо выбрать соответствующую шкалу измерения этих показателей.

**Этап 2.** Сбор исходной информации о предприятии

На данном этапе необходимо провести анализ специфики технологической схемы производства и энергопотребления на предприятии, энергетической составляющей в себестоимости продукции, а также ряд других работ. В зависимости от поставленной конкретной задачи с учетом существующих ограничений (технических, материальных, трудовых, финансовых и др.) может быть выбран соответствующий объем работ, который даст возможность получить необходимую для решения задачи информацию в дополнение к формам статистической отчетности и другой документации, имеющейся на предприятии.

На практике зачастую можно столкнуться с ситуацией, когда необходимая исходная информация отсутствует или получение ее связано со значительными трудностями (неподготовленность энергетических служб к проведению сбора необходимой исходной информации, недостаточная оснащенность приборами для получения исходной информации и т.д.). В таких случаях для получения необходимой исходной информации необходимо проведение экспертизы (опрос экспертов). Кроме того, проведение экспертизы необходимо для получения оценок по качественным показателям, а также на этапе обоснования выбора показателей для оценки уровня ЭИЭР производственной системы.

**Этап 3.** Проведение экспертизы (опрос экспертов)

Целью проведения экспертизы является формирование необходимого набора показателей, которые характеризуют уровень ЭИЭР в данной производственной системе, а также определение весовых коэффициентов этих показателей. Как правило, основными этапами получения экспертных оценок являются: формирование репрезентативной группы экспертов; подготовка и проведение экспертизы; статистическая обработка полученных результатов [35-38]. В практике экспертного опроса количество экспертов существенно зависит от конкретных условий и колеблется в пределах 10...20 человек [35-38].

На этом же этапе составляются таблицы экспертного опроса (анкеты) и приложения к ним [34]. В таблицы заносятся показатели ЭИЭР, по которым необходимо выяснить мнение специалистов. Каждому специалисту предлагается оценить их важность в баллах (1...100), а также указать свою квалификацию, степень знакомства с рассматриваемым предприятием, источники аргументации. Общее представление о квалификации эксперта дают сведения относительно занимаемой им должности, наличия ученой степени и звания, времени работы над обсуждаемой проблемой. Степень знакомства эксперта с предметом определяется характером его участия в повышении уровня ЭИЭР данным или схожим с ним предприятием. Наибольшее внимания заслуживают суждения экспертов, которые непосредственно знакомы с данной производственной системой. Количественная обработка сведений об экспертах позволяет установить степень компетентности (вес) экспертов на основе их собственных представлений. Компетентность экспертов учитывается путем умножения оценок каждого эксперта на соответствующий данному эксперту весовой коэффициент.

Организаторами экспертного опроса разрабатываются таблицы 1 и 2 экспертного

опроса. Эти таблицы не должны быть многоплановыми, перегруженными большим количеством данных. Опыт экспертных оценок показывает, что наиболее предпочтительной является таблица, заполнение которой отнимает не более 30 мин [35-39].

В таблице-1 приняты следующие обозначения:

$a_{ij}$  - балльные оценки экспертов важности показателей,  $1 \leq a_{ij} \leq 100$ ;

$\bar{a}_1, \dots, \bar{a}_N$  - усредненные величины балльной оценки важности показателей.

Усредненная величина балльной оценки важности показателей определяется выражением:

$$\bar{a}_i = \frac{\sum_{j=1}^K (k_{\text{комп}j} \cdot a_{ij})}{\sum_{j=1}^K k_{\text{комп}j}}, \quad i = \overline{1, N}, \quad j = \overline{1, K}, \quad (2)$$

где  $k_{\text{комп}j}$  - коэффициент компетентности  $j$ -го эксперта, который определяется в зависимости от степени информированности эксперта по решаемой проблеме и источников аргументации ответов эксперта,  $0 \leq k_{\text{комп}j} \leq 1$  [35, 36].

В таблице 2 приняты следующие обозначения:

$c_{ij}$  - оценка, данная  $j$ -м экспертом по  $i$ -му показателю,  $\Pi_{i, \min} \leq c_{ij} \leq \Pi_{i, \max}$ .

**Этап 4. Обработка результатов экспертного опроса**

На данном этапе проводится обработка полученных результатов и устанавливается степень согласованности мнений экспертов.

Так как частные показатели (критерии)

Таблица 1  
Результаты опроса экспертов относительно важности показателей по степени влияния на оценку уровня ЭИЭР

Показатель	Балльные оценки, данные экспертом №					Усредненная величина
	1	...	$j$	...	$K$	
$\Pi_1$	$a_{11}$	...	$a_{1j}$	...	$a_{1K}$	$\bar{a}_1$
...	...	...	...	...	...	...
$\Pi_i$	$a_{i1}$	...	$a_{ij}$	...	$a_{iK}$	$\bar{a}_i$
...	...	...	...	...	...	...
$\Pi_N$	$a_{N1}$	...	$a_{Nj}$	...	$a_{NK}$	$\bar{a}_N$

имеют различную физическую природу и различную размерность, то необходимо привести разноразмерные значения показателей к соизмеримому виду (пронормировать). В математике принято разноразмерные величины приводить к безразмерному (стандартному) интервалу. Рекомендуется принимать стандартный интервал  $[0;1]$ . В литературе предложены различные методы нормирования показателей [37, 39]. В данной методике применяются следующие формулы нормирования [39]:

- при максимизируемых (мажорируемых) показателях:

$$z_{ij} = \frac{c_{ij} - c_{\min.i}}{c_{\max.i} - c_{\min.i}},$$

$$z_{ij} \in [0,1], \quad (i = \overline{1, N}, \quad j = \overline{1, K}), \quad (3)$$

где  $c_{\max.i}$  - максимальное значение оценки по  $i$ -му показателю, принимаемое равным  $\Pi_{i, \max}$ ; в случае отсутствия данных о величине

$\Pi_{i, \max}$  принимается  $c_{\max.i} = \max_j [c_{ij}]$ ;

$c_{\min.i}$  - минимальное значение оценки по  $i$ -му показателю, принимаемое равным  $\Pi_{i, \min}$ ;

в случае отсутствия данных о величине  $\Pi_{i, \min}$

принимается  $c_{\min.i} = \min_j [c_{ij}]$ ;

- при минимизируемых (минорируемых) показателях (например, стоимостных):

$$z_{ij} = \frac{c_{\max.i} - c_{ij}}{c_{\max.i} - c_{\min.i}},$$

$$z_{ij} \in [0,1], \quad (i = \overline{1, N}, \quad j = \overline{1, K}). \quad (4)$$

Результаты нормирования оценок показателей сводятся в таблицу 3.

Усредненная нормированная величина  $\bar{z}_i$  в таблице 3 подсчитывается по формуле (2).

Затем вычисляются среднеквадратические отклонения  $\sigma_i$  оценок каждого  $i$ -го показателя и определяется согласованность мнений экспертов (отдельно по каждому показателю) определяется при помощи коэффициента вариации  $V_i$ . Чем больше величина  $V_i$  тем меньше согласованность экспертов в оценке  $i$ -го показателя; при одинаковом (полностью согласованном) мнении экспертов эта величина равна нулю.

Если значение коэффициента вариации меньше 0,2, то мнения экспертов можно считать согласованными; в противном случае необходимо провести новое анкетирование.

**Таблица 2**  
Результаты опроса экспертов по оценке показателей, которые характеризуют уровень ЭИЭР

Показатель	Оценки, данные экспертом №				
	1	...	$j$	...	$K$
$\Pi_1$	$c_{11}$	...	$c_{1j}$	...	$c_{1K}$
...	...	...	...	...	...
$\Pi_i$	$c_{i1}$	...	$c_{ij}$	...	$c_{iK}$
...	...	...	...	...	...
$\Pi_N$	$c_{N1}$	...	$c_{Nj}$	...	$c_{NK}$

**Таблица 3**  
Результаты нормирования усредненных оценок показателей

Показатель	Нормированные оценки, данные экспертом №					Усредненная нормированная величина
	1	...	$j$	...	$K$	
$\Pi_1$	$z_{11}$	...	$z_{1j}$	...	$z_{1K}$	$\bar{z}_1$
...	...	...	...	...	...	...
$\Pi_i$	$z_{i1}$	...	$z_{ij}$	...	$z_{iK}$	$\bar{z}_i$
...	...	...	...	...	...	...
$\Pi_N$	$z_{N1}$	...	$z_{Nj}$	...	$z_{NK}$	$\bar{z}_N$

Такой подход к определению согласованности мнений экспертов является достаточно строгим. На практике чаще всего возникает ситуация, когда согласованность мнений экспертов устанавливается лишь по нескольким показателям. Эта ситуация может возникнуть в том случае, если эксперты будут представлять так называемые полярные интересы (например, главный технолог, главный энергетик, а также энергоменеджер, которые заинтересованы в различных результатах деятельности предприятия). В этом случае повторная экспертиза может не дать ожидаемых результатов. Поэтому целесообразно рассчитывать коэффициент конкордации (согласованности) Кендалла по каждой группе показателей и по комплексной оценке в целом, а затем оценивать его значимость.

Коэффициент конкордации  $W$ , определяемый согласно [35, 38, 39], изменяется в пределах от нуля до единицы, причем  $W=1$  соответствует полной согласованности мнений экспертов.

Согласованность мнений экспертов может быть случайной или не случайной. В качестве количественной оценки степени этой случайности используется уровень значимости коэффициента конкордации. Этот уровень находится по таблицам на основании сопоставления числа степеней свободы  $N-1$  с величиной  $\chi^2$  (критерий Пирсона), вычисляемой согласно [35, 38, 39]. Если найденный таким образом уровень значимости достаточно мал, то согласованность мнений экспертов, характеризуемая данным коэффициентом конкордации, не случайна.

#### Этап 5. Определение агрегированной оценки уровня ЭИЭР на предприятии

Агрегированная оценка уровня ЭИЭР производственной системы  $Y_{эф}$  осуществ-

ляется согласно выражению:

$$Y_{эф} = \sum_{i=1}^N (\bar{a}_i \cdot \bar{z}_i) \quad 0 \leq Y_{эф} \leq 1 \quad (5)$$

В выражении (5) более высокому уровню ЭИЭР отвечает более высокое значение  $Y_{эф}$ .

В тех случаях, когда исходная информация о показателях, характеризующих ЭИЭР, задается нечетким образом и на качественном уровне ("приблизительно столько-то", "около такого-то числа", "большая величина", "малая величина" и т.д.) для оценки уровня ЭИЭР предлагается использовать теорию нечетких множеств. При этом вид функций принадлежности показателей, характеризующих ЭИЭР, может быть любым (трапециевидным, треугольным и т.п. [40, 41]).

В данном случае показатели оценки уровня ЭИЭР предприятия будут представлены нечетко-интервальными коэффициентами.

Введем лингвистическую переменную "Уровень ЭИЭР предприятия". Разобьем ее терм-множество на несколько нечетких компонентов-подмножеств (например, пять). В общем случае они будут пересекаться. Эти подмножества имеют следующий вид (табл.4).

Каждому подмножеству соответствуют свои функции принадлежности  $\tau_k(Y_{эф})$ . Качественный вид функций принадлежности представлен на рис. 1.

Дальнейшие расчеты агрегированной оценки уровня ЭИЭР ведутся по ранее описанной методике для каждой границы нечеткого интервала. В результате получаем нечетко-интервальную агрегированную оценку уровня ЭИЭР предприятия.

Принадлежность полученной в результате расчетов агрегированной оценки (в виде нечетко-интервального числа) одному из компонентов терм-множества лингвистичес-

Таблица 4

Терм-множество лингвистической переменной  
"Уровень ЭИЭР предприятия"

Нечеткое подмножество	Уровень ЭИЭР предприятия
$F_1 = (0; 0; a_1; a_2)$	«очень низкий»
$F_2 = (a_1; a_2; a_3; a_4)$	«низкий»
$F_3 = (a_3; a_4; a_5; a_6)$	«средний»
$F_4 = (a_5; a_6; a_7; a_8)$	«высокий»
$F_5 = (a_7; a_8; 1; 1)$	«очень высокий»

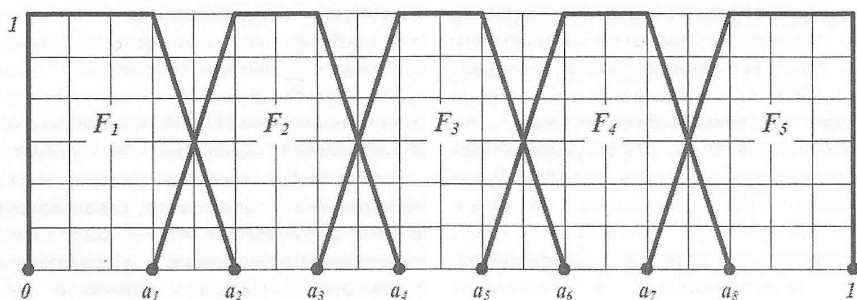


Рис. 1. Качественный вид функций принадлежности

кой переменной "Уровень ЭИЭР предприятия" можно определить двумя способами.

В первом случае воспользуемся формулами пересечения и объединения нечетких множеств:

$$\tau_k = \frac{S(Y_{эф} \cap F_k)}{S(Y_{эф} \cup F_k)}, \quad (6)$$

где  $\tau_k$  - степень оценочной уверенности (функция принадлежности) полученной в результате расчетов агрегированной оценки подмножеству  $F_k$ ;

$S(Y_{эф} \cap F_k)$  - площадь фигуры, образовавшейся в результате выполнения операции

$$Y_{эф} \cap F_k;$$

$S(Y_{эф} \cup F_k)$  - площадь фигуры, образовавшейся в результате выполнения операции  $Y_{эф} \cup F_k$ .

При втором способе (более легком для практического применения, но менее точном)

определяется функция  $\tau_k(Y_{эф})$  по виду компонентов терм-множества лингвистической переменной "Уровень ЭИЭР предприятия".

Если  $\tau_k(Y_{эф}) > 0$ , то будем считать, что уровень ЭИЭР предприятия описывается

Таблица 5

Правило распознавания уровня ЭИЭР предприятия

Интервал значений показателя	Классификация уровня ЭИЭР	Степень оценочной уверенности (функция принадлежности)
$0 \leq Y_{эф} \leq a_1$	«очень низкий»	1,0
$a_1 \leq Y_{эф} \leq a_2$	«очень низкий»	$\tau_1 = 10 \cdot (a_2 - Y_{эф})$
	«низкий»	$\tau_2 = 1 - \tau_1$
$a_2 \leq Y_{эф} \leq a_3$	«низкий»	1,0
$a_3 \leq Y_{эф} \leq a_4$	«низкий»	$\tau_2 = 10 \cdot (a_4 - Y_{эф})$
	«средний»	$\tau_3 = 1 - \tau_2$
$a_4 \leq Y_{эф} \leq a_5$	«средний»	1,0
$a_5 \leq Y_{эф} \leq a_6$	«средний»	$\tau_3 = 10 \cdot (a_6 - Y_{эф})$
	«высокий»	$\tau_4 = 1 - \tau_3$
$a_6 \leq Y_{эф} \leq a_7$	«высокий»	1,0
$a_7 \leq Y_{эф} \leq a_8$	«высокий»	$\tau_4 = 10 \cdot (a_8 - Y_{эф})$
	«очень высокий»	$\tau_5 = 1 - \tau_4$
$a_8 \leq Y_{эф} \leq 1$	«очень высокий»	1,0

лингвистическим значением подмножества  $F_k$  с уровнем соответствия  $\tau_k(Y_{эф})$ . Правило распознавания уровня ЭИЭР предприятия приведено в табл. 5.

По полученной таким образом агрегированной оценке уровня ЭИЭР можно производить энергетическую сертификацию промышленных предприятий с присвоением им определенного уровня ЭИЭР. Для упрощения, интервал уровня ЭИЭР  $[0;1]$  может быть разбит на более мелкие подынтервалы с присвоением каждому подынтервалу определенного уровня ЭИЭР.

### Результаты

Использование данной методики позволяет разработать механизм государственного стимулирования повышения уровня ЭИЭР путем введения системы рейтингов ЭИЭР на промышленных предприятиях Украины. Стимулировать предприятие к повышению рейтинга можно либо путем введения всевозможных льгот (например, снижения налогов, увеличения интервала между проверками инспекции с энергосбережения и т.п. [34]), либо материального поощрения работников предприятия, которые непосредственно способствуют повышению уровня ЭИЭР. Такой подход будет способствовать реализации положений: Раздела 2 Закона Украины "Об энергосбережении" [1], Указа Президента Украины № 662/99 [7], а также Приказов Госкомэнергосбережения Украины № 47/127 [12] и № 64 [13].

### Выводы

В данной работе представляется методика агрегированной оценки уровня ЭИЭР на промышленном предприятии. Эта методика направлена на экспресс-оценку уровня ЭИЭР на промышленном предприятии, подготовку информации для принятия управленческих решений, разработку стратегии управления ЭИЭР.

Данная методика пригодна в тех случаях, когда исходная информация о показателях, характеризующих ЭИЭР, задается нечетким образом и на качественном уровне ("приблизительно столько-то", "около такого-то числа", "большая величина", "малая величина" и т.д.). Предлагаемая методика не критична к выбору функций принадлежности показателей, характеризующих ЭИЭР. Эта

информация может быть самой разной природы и даже не выражаться в численном виде.

### Литература

1. Закон України "Про енергозбереження" від 01.07.1994 р., № 74/94-ВР.
2. Глобальна стратегія енергосбереження для України // Комісії Європейського Союзу. Директорат Внешнеэкономических связей по программе TACIS: Мадрид-Киев. 1995.
3. Комплексна державна програма енергозбереження України на 1995-2005 роки. - 223 с.
4. Директива Ради ЄС 93/76/ЄЕС, спрямована на обмеження викидів вуглекислого газу шляхом підвищення ефективності використання енергії (SAVE) від 13 вересня 1993 року.
5. Резолюція Ради ЄС від 7 грудня 1998 року стосовно ефективності використання енергії в країнах Європейського співтовариства.
6. 77/713/ЄЕС Рекомендація Ради Європи від 25 жовтня 1977 р. стосовно раціонального використання енергії на промислових підприємствах. Official Journal L 295, 18/11/1977, р.0003-0004.
7. Указ Президента України від 16 червня 1999 року №662/99. "Про заходи щодо скорочення енергоспоживання бюджетними установами, організаціями та казенними підприємствами".
8. Постанова КМУ від 5 лютого 1997 р. №148. "Про Комплексну державну програму енергозбереження України".
9. Постанова КМУ від 10 липня 1997 р. №731. "Про Комплексні заходи щодо реалізації Національної енергетичної програми України до 2010 року".
10. Постанова КМУ від 30 листопада 1999 р. №2183. "Про скорочення енергоспоживання бюджетними установами, організаціями та казенними підприємствами".
11. Постанова КМУ від 27 червня 2000 р. № 1040. "Про невідкладні заходи щодо виконання Комплексної державної програми енергозбереження України".
12. Наказ Держкоменергозбереження та Міністерства економіки України від 21.06.2000 р. № 47/127. "Про затвердження Положення про матеріальне стимулювання колективів і окремих працівників підприємств, організацій та установ за економію паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві".



- Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 10 липня 2000 р. за № 405/4626.
13. Наказ Держкоменергозбереження України від 04.08.2000 р. № 64. "Про затвердження Порядку проведення перевірок ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів на підприємствах, в установах та організаціях та усунення фактів їх неефективного використання". Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 25 вересня 2000 р. за № 653/4874.
  14. Енергозбереження - пріоритетний напрямок державної політики України / Ковалко М.П., Денисюк С.П.; Відпов. ред. Шидловський А.К. - Київ: УЕЗ, 1998.-506 с.
  15. Организация и планирование энергохозяйства промышленных предприятий / В.Т. Мелехин, Г.Л. Багиев, В.А. Полянский. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1988. - 224 с.
  16. ГОСТ Р 51541-99. Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения.
  17. ГОСТ Р 51749-2001. Энергосбережение. Энергопотребляющее оборудование общепромышленного применения. Виды. Типы. Группы. Показатели энергетической эффективности. Идентификация.
  18. ДСТУ 3755-98. Энергозбереження. Номенклатура показників енергоефективності та порядок їхнього внесення у нормативну документацію.
  19. РД 50-374-82. Мегадические указания по составу и содержанию вносимых в стандарты и технические условия нормативов расхода топлива и энергии на единицу продукции (работы).
  20. Показатели использования энергии / Под ред. А.С. Некрасова. - М.: Энергия, 1968.- 256с.
  21. Находов В.Ф. Экономико-организационные основы энергосбережения. - Киев: Энергетический центр ЕС в Киеве, 1995. - 150 с.
  22. Степанов В.С., Степанова Т.Б. Система показателей для оценки эффективности использования энергии // Промышленная энергетика. - 2000. - №1.- С.2-5.
  23. Проскуряков В.М., Самуилявичус Р.Й. Эффективность использования топливно-энергетических ресурсов: показатели, факторы роста, анализ. - М.: Экономика, 1988. - 175 с.
  24. Литвак В.В., Яворский М.И. Универсальная шкала энергетической эффективности // Промышленная энергетика. - 2002. - №7. - С.8-10
  25. Аракелов В.Е., Кремер А.И. Анализ энергоиспользования на промышленных предприятиях // Промышленная энергетика. - 1982. - №5. - С.2-6.
  26. Праховник А.В., Розен В.П., Дегтярев П.А. Энергосберегающие режимы и электро-снабжение горнодобывающих предприятий. - М.: Недра, 1985. - 232 с.
  27. Кафтан Н.М. Формирование энергосберегающих режимов электропотребления промышленных предприятий / Диссер. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук: 05.09.03. - Киев, 1986. - 169 с.
  28. Справочник по электропотреблению в промышленности / Под ред. Г.П. Минаина, Ю.В. Копытова. 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Энергия, 1978. - 496 с.
  29. Эффективность энергосбережения. Опыт ПО "Невский завод имени В.И. Ленина" / Б.В. Копейкин, Е.А. Смирнов, Г.Л. Багиев; Под ред. Г.Л. Багиева. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1985. - 112 с., ил. - (Экономия топлива и электроэнергии).
  30. Кудрин Б.И. Системная оценка электрического хозяйства промышленных предприятий // Промышленная энергетика. - 1977. - №3.
  31. Кудрин Б.И. Оценка электрического хозяйства металлургического предприятия // Промышленная энергетика. - 1978. - №7. - С.5-8.
  32. Медник В.О., Чернявский В.Г., Шакалов В.И. О критериях оценки рационального использования энергоресурсов на предприятиях черной металлургии // Промышленная энергетика. - 1983. - №6. - С.2-5.
  33. Вакулко А.Г., Перелетов А.И., Калинин Е.В. Комплексный анализ энергопотребления как фактор эффективного использования энергии на предприятии // Промышленная энергетика. - 1990. - №10. - С.13-15.
  34. Розен В.П., Соловей А.И., Чернявский А.В. Использование сертификатов энергоэффективности как механизма государственного стимулирования энергосбережения на промышленных предприятиях Украины // Проелектро. №3. - 2004. - С.26-29, 32-36.
  35. Экспертные оценки и их применение в энергетике / И.С. Вартазаров, И.Г. Горлов, Е.В. Минаев, Р.В. Хвастунов; Под ред. Р.М. Хвастунова.-М.: Энергоиздат, 1981. - 188 с.
  36. Моисеева Н.К., Карпунин М.Г. Основы теории и практики функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие

- для техн. спец. вузов. - М.: Высш. шк., 1988. - 192 с.
- 37.Брахман Т.Р. Многокритериальность и выбор альтернатив в технике. - М.: Радио и связь. - 1984. - 288 с.
- 38.Окунев Ю. Б., Плотников В. Г. Принципы системного подхода к проектированию в технике связи. М.: Связь, 1976. - 184 с.: ил.
- 39.Завадкас Э.-К.К. Системотехническая оценка технологических решений строительного производства. - Л.: Стройиздат. Ленингр.отд-ние, 1991. - 256с.: ил.
- 40.Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: Монография. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2000. - 352 с.
- 41.Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и FuzzyTECH. - СПб.: БХВ-Петербург, 2003. - 736 с.: ил.