

Ю.А.ЦЕРЕРИН, Ю.А.МАЛЕВИЧ, канд.техн.наук,  
В.А.КОВАЛЕВ, канд.техн.наук (БПИ)

## КАТЕГОРИРОВАНИЕ ЭНЕРГОХОЗЯЙСТВ НА ОСНОВЕ ОБОБЩЕННОГО ПОКАЗАТЕЛЯ

Основным направлением эффективного использования топлива и обеспечения экономии топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на современном этапе является широкое применение достижений научно-технического прогресса. В перспективе свыше 60 % всей экономии ТЭР может быть получено за счет внедрения более совершенного генерирующего и энергоиспользующего оборудования, улучшения технологических процессов, применения установок, обеспечивающих высокий технический уровень производства при минимальных затратах ресурсов.

В СССР намечен ряд организационных мер, позволяющих ускорить внедрение достижений научно-технического прогресса. Министерства и ведомства ежегодно разрабатывают мероприятия, способствующие повышению эффективности использования топлива и энергии, увеличению степени утилизации вторичных энергетических ресурсов в соответствии с установленным заданием. При этом предусматриваются два направления.

К первому направлению относятся такие мероприятия, как устранение непроизводительных затрат, прямых потерь топлива и энергии, улучшение обслуживания оборудования, оптимизации энерготехнологических процессов, совершенствование организации учета и контроля за расходованием ТЭР.

Второе направление представляет собой разработку и внедрение новых энергосберегающих технологических процессов и оборудования в соответствии с целевой комплексной программой по отрасли, модернизацию и замену устаревшего, неэкономичного, оборудования, использование вторичных горючих и тепловых энергоресурсов и другие мероприятия, требующие капитальных затрат на их внедрение.

Одним из крупнейших потребителей энергоресурсов в СССР является химическая промышленность, которая потребляет 4,7 % электроэнергии и 6 % тепловой энергии в балансе всей страны. При этом она характеризуется следующими особенностями: высоким процентом энергетической составляющей в себестоимости продукции; большим разнообразием энергоиспользующего и энергогенерирующего оборудования.

В химической промышленности разработаны следующие комплексы мероприятий по проведению энергосберегающей политики:

нормализация энергобаланса предприятий, т.е. доведение расхода энергии до расчетной научно обоснованной нормы путем полной или частичной ликвидации эксплуатационных и режимных (неоправданных) потерь;

рационализация энергобаланса, т.е. уменьшение расчетного уровня потерь передачи и трансформации энергии, а также условно-полезного расхода в энер-

гоиспользующих установках путем небольших реконструктивно-наладочных работ, не затрагивающих сущность технологического процесса;

оптимизация энергобаланса, которая направлена на максимально возможное, технологически и экономически оправданное снижение всех энергозатрат путем коренной реконструкции технологического процесса с применением наиболее прогрессивных способов производства.

Относительно полно разработаны вопросы определения основных направлений экономии энергоресурсов, созданы методики составления и оптимизации энергетических балансов промпредприятий и комплексов, достаточно глубоко изучены вопросы нормирования расхода энергоресурсов в производственных процессах, технико-экономического обоснования организационно-технических мероприятий по экономии топлива, тепловой и электрической энергии.

Тем не менее в СССР еще не достигли оптимального уровня расходования энергоресурсов.

Совершенствование системы работ по экономии энергоресурсов является одной из важнейших государственных задач. Однако не все предприятия и отрасли народного хозяйства выполняют плановые задания по эффективному привлечению средств для технического перевооружения производства, сокращения потерь энергоресурсов.

Следовательно, необходим поиск более эффективных путей проведения государственной энергопотребляющей политики в промышленности как на этапах выбора и внедрения направлений рационального использования ТЭР, так и на этапах материально-технического обеспечения этой политики и повышения уровня эксплуатации энергопотребляющих систем.

В настоящее время энергосберегающая политика не учитывает специфики отрасли, не дифференцирует объем требований к конкретному энергохозяйству, а эти функции передаются непосредственно предприятиям и их отраслевым институтам. В силу ряда обстоятельств (уровень квалификации персонала энергослужб, укомплектованность кадрами, наличие материальной базы, энергетическая идеология на предприятии, степень помощи со стороны отраслевых институтов и т.п.) реализация основных методических положений по энергобалансам, нормированию, учету и контролю за расходами топливно-энергетических ресурсов осуществляется не в должной мере.

На наш взгляд, оптимальный результат можно получить дальнейшим совершенствованием системы работ по экономии энергоресурсов, четким определением места и роли в этой системе самого энергохозяйства, комплексной оценкой "внедряемости" прогрессивных технических решений по экономии, включаемых в ежегодные планы организационно-технических мероприятий.

Структура энергохозяйства определяется отраслевой принадлежностью предприятия, характером потребляемых энергоресурсов, соотношением количества энергии, вырабатываемой на предприятии и получаемой со стороны, источниками энергоресурсов и другими факторами.

В настоящее время показателем энергохозяйств промпредприятий является объем потребления энергоресурсов.

Кроме этого выработаны и действуют такие показатели как коэффициент полезного действия энергетической установки, коэффициент полезного использования энергоносителя, удельный (фактический) расход энергетиче-

ского ресурса или энергоносителя, норма расхода топлива, тепловой и электрической энергии, коэффициент электрификации, электротопливный коэффициент, теплоэлектрический коэффициент, а также энергоемкость, электроемкость и теплоемкость продукции [ 1 ] .

К показателям энергохозяйств относятся также стоимость основных производственных фондов, энергетические характеристики технологических процессов и установок, технико-экономические характеристики энергоносителей, доля энергетической составляющей в себестоимости продукции и др.

Вместе с тем еще не разработаны комплексные показатели, отличающие одно энергохозяйство от другого, как по внешним характеристикам (уровень потребления энергоресурсов, источники его обеспечения, значение энергетической составляющей в себестоимости основной продукции и др.), так и по внутренним (структура управления, состав энергоиспользующего оборудования, показатели энергоиспользования, система организации эксплуатации и ремонта и др.).

Энергосберегающая политика должна ориентировать на получение высоко-го народнохозяйственного эффекта. Следовательно, в комплексе системы работ по экономии энергоресурсов необходимо учитывать и такие показатели, как значение продукции конкретного предприятия для других предприятий, для отрасли и всего народного хозяйства страны, а также перспективность развития данного предприятия. Иначе говоря, определяющая роль в системе работ по экономии ТЭР должна принадлежать масштабу или уровню того или иного энергохозяйства промпредприятия.

Главным показателем масштаба энергохозяйства должен быть обобщенный комплексный показатель, который включает множество факторов. Он позволит определить и экономически обосновать систему работ по совершенствованию энергопотребления:

сосредоточить усилия специализированных организаций и отраслевых институтов, КБ на решении вопросов текущей и перспективной рационализации энергоиспользования;

обосновать капиталовложения на реконструкцию, оборудование, автоматизацию энергохозяйств;

выбрать структуру управления энергохозяйством;

установить формы ремонтного обслуживания энергохозяйств;

выбрать оптимальную схему учета расхода энергоресурсов;

получить максимальный эффект от внедрения технических решений по повышению эффективности энергоиспользования и др.

Предлагаемый нами обобщенный указатель уровня энергохозяйства должен стать основным условием ранжирования категорирования предприятий, благодаря чему можно будет проводить определенную систему работ по экономии ТЭР. Наличие такого показателя позволит обеспечить системную целенаправленную работу по экономии энергоресурсов всех уровней управления (от министерства до энергослужбы предприятий).

Категорирование энергохозяйств сводится к задаче математического программирования, которая может быть использована в линейном виде:

$$Z = \sum_i^n C_i X_i, \quad i = 1 \dots n,$$

где  $Z$  — объем того или иного вида ресурса, которым наделяются объекты (энергохозяйства), минимум которого надо определить;  $C_i$  — относительный "вес" каждого  $i$ -го объекта, обобщенный показатель энергохозяйства;  $X_i$  — размер ресурса, выделяемого  $i$ -му объекту. При этом на  $X_i$  накладываются ограничения, определяющие нормальный режим работы (например, минимальные и максимальные нагрузки печей, котлов и т.п.).

Категорирование (ранжирование) объектов является задачей упорядочения объектов посредством нахождения критерия расстановки [2]. Задача является корректной только в том случае, когда объекты однотипны, т.е. относятся к одному и тому же классу.

Построение классификационной модели состоит из двух этапов: выбора информативных признаков, определяющих объект, и распределения объектов по классам.

Для выявления информативных показателей можно использовать факторный анализ: метод главных компонент, дисперсионный анализ или метод экспертных оценок [3, 4].

Методом экспертных оценок определяется "положение" каждого показателя энергохозяйства по десятибалльной системе, так называемые "баллы значения".

На основании опроса экспертов (специалистов-энергетиков) произведена оценка основных показателей энергохозяйств предприятий химической промышленности.

Методы автоматической классификации широко используются в задачах разбиения множества объектов на однотипные [2]. Одним из развитых методов автоматической классификации является метод кластерного анализа [5].

Внутри выделенных классов каждый объект ранжируется по принципу приближенности к эталонному. За эталонный принимается объект, у которого все значения показателей имеют наилучшие данные совокупности объектов. Эталонный объект строится на основании исходной матрицы как  $(n + 1)$ -й вектор-столбец, элементы которого определяются по формуле

$$a_{i,n+1} = \frac{\text{opt}}{j} (a_{ij}), \quad \begin{matrix} i = 1, 2 \dots N; \\ j = 1, 2 \dots M. \end{matrix}$$

Тогда расстояние (согласно декартову разбиению) от точки, обозначающей объект, до точки, принятой за эталон, будет характеризовать место объекта в данной совокупности и может приниматься за обобщенный показатель:

$$C_j = \sqrt{(n_{j1} - n_3)^2 + (n_{j2} - n_3)^2 + \dots + (n_{jN} - n_3)^2},$$

где  $\varepsilon$  — индекс эталонного объекта.

Переходя к графическому расположению объектов с обозначением отрезков  $a$  или безразмерного показателя  $a^\psi$

$$a_{ij}^\psi = \frac{a_{ij}}{a_{i,n+1}},$$

имеем

$$C_j = \sqrt{\sum_i (1 - a_{ij}^\psi)^2}.$$

Таблица 1

Экспертная оценка		Наименование показателя	Единица измерения	Оптимальный показатель	Показатели энергохозяйств						
					Предприятия						
число	средний балл			первое	второе	эталонный объект	третье	четвертое	пятое	эталонный объект	
91	8	Производственные фонды	млн.руб.	макс	81	65	81	41	47	52	52
112	6	Стоимость электротехнического оборудования	"	"	8,0	2,1	8	1,6	1,8	0,8	1,8
112	7	Стоимость теплотехнического оборудования	"	"	15,9	2,5	15,9	2,6	3,0	1,5	3,0
112	6	Стоимость электротехнических коммуникаций	"	"	4,3	0,3	4,3	1,1	1,5	1,0	1,5
112	6	Стоимость тепловых коммуникаций	"	"	7,7	3,8	7,7	2,4	2,6	1,4	2,6
103	7	Себестоимость товарной продукции	"	мин	70	102	70	50	118	100	50
98	7	Затраты на топливо	тыс.руб.	"	1422	93	93	1148	45	55	45
93	6	Затраты на тепловую энергию	"	"	5169	2772	2772	2580	891	1710	891
104	6	Затраты на электроэнергию	"	"	2374	947	947	868	1129	884	868
87	6	Амортизационные отчисления на капитальный ремонт	"	"	773	850	773	177	203	403	177
86	7	Амортизация энергооборудования	"	"	673	550	550	96	109	285	96
78	5	Амортизация сетей	"	"	100	300	100	81	94	118	81
112	10	Общее количество энергопотребляющего оборудования на предприятии	шт.	"	6900	5442	5442	6939	4381	3627	3627
112	9	Число источников энергии	"	макс	3	2	3	2	3	12	12
112	9	Потребление энергоресурсов	тыс.ту.т год	мин	132	66	66	104	72	95	72

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
112	9	Расход топлива	<u>тыс. т. у. т.</u> год	мин	59	7	7	56	39	49	39
112	9	Расход электроэнергии	<u>млн. кВт-ч</u> год	"	154	80	80	41	23	49	23
112	9	Расход тепловой энергии	<u>тыс. Гкал</u> год	"	377	350	350	303	216	279	216
107	9	Расходы теплоэнергии на технологические нужды	"	"	367	220	220	156	204	170	156
107	9	Расходы теплоэнергии на отопление и вентиляцию	"	"	10	130	10	140	12	63	12
107	10	Численность производственно-технического персонала	чел.	"	364	327	327	235	278	170	170
78	8	Значение данного предприятия для всесоюзного производственного объединения	число предприятий, потребляющих продукцию данного предприятия	макс	3	3	3	2	4	4	4
78	19	Значение данного предприятия для Минхимпрома	"	"	13	18	18	13	12	19	19
78	26	Значение данного предприятия для других министерств	"	"	66	45	66	106	114	100	114
		Класс			1	1		2	2	2	
		Обобщенный показатель	$C_j$		0,53	0,57	0,21	0,22	0,20		

В качестве примера приведем данные энергохозяйств пяти промпредприятий Минхимпрома, категорирование которых по указанной методике позволило сгруппировать их в два класса с обобщенным показателем от 0,20 до 0,57 (табл. 1). В таблице также для класса выделен эталонный объект, определяемый по оптимуму показателя.

Из таблицы видно, что среди пяти промпредприятий высший обобщенный показатель имеют предприятия №1 и №2. Следовательно, здесь необходимо в первую очередь совершенствовать систему работ по экономии энергоресурсов.

По аналогии с классификацией энергохозяйств промпредприятий должны классифицироваться также и технические решения по их рационализации. За основной фактор классификации технических решений принимается экономическая эффективность их внедрения при умеренных капитальных затратах. Это позволит для конкретного энергохозяйства промпредприятия составить перспективный план оргтехмероприятий по реализации возможных резервов экономии энергоресурсов с оценкой экономического эффекта и капитальных затрат на их внедрение.

В результате проведенных исследований был осуществлен ряд мероприятий. Обоснована необходимость определения места и роли энергохозяйства в системе работ по экономии энергоресурсов с выбором состава показателей.

Введено понятие обобщенного показателя и предложен метод расчета обобщенного показателя энергохозяйства.

Обобщенный показатель использован для категорирования энергохозяйств на основе кластерного анализа и метода экспертных оценок.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Общие требования по разработке и анализу топливно-энергетических балансов промпредприятий/Утвержден ГКНТ СССР, Госпланом СССР, Госснабом СССР, ЦСУ СССР и Минэнерго СССР, 1981. — 240 с. 2. Л е м е ш к о Б.Ю. Математическое обеспечение задач статистического анализа на основе группированных данных: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат.наук. — Новосибирск, 1979. — 28 с. 3. Ж у р а в с к а я В.Н. Факторный анализ в социально-экономическом исследовании. — М., 1976. — 90 с. 4. И г о л к и н В.Н. Статистическая классификация на выборочных распределениях. — Л., 1978. — 65 с. 5. С у с л о в И.П., Т у р а в а М.И. Методическая статистика сравнений. — М., 1980. — 115 с.

УДК 62—83.001.1.52

П.В.ПОЛЗИК, И.Ф.КУЗЬМИЦКИЙ (БТИ)

### СИНТЕЗ КВАЗИОПТИМАЛЬНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СТАЦИОНАРНЫМИ ОБЪЕКТАМИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКИ

Совершенствование производства неразрывно связано с развитием системы оптимального управления рабочими машинами. При физическом преобразовании продукта, когда механические перемещения являются основной формой электромеханического процесса, особое значение имеет оптимизация динамики электроприводов электромеханических систем.

В качестве объекта управления рассмотрим стационарную электромеханическую систему, описываемую уравнениями вида