

УДК 697.7:631.371:631565.2

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДАМИ ТЕОРИИ ГРАФОВ АДсорбЦИОННЫХ СОЛНЕЧНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОХЛАДОСНАБЖЕНИЯ

Л.С. ГЕРАСИМОВИЧ академик ААН РБ (БАТУ), Б.Х. ДРАГАНОВ академик АНВШ Украины,
Т.Г. ЧЕРНЫШЕВА (НАУ Украины)

Рациональное потребление энергоресурсов при одновременном обеспечении экологической безопасности окружающей среды в настоящее время является одной из наиболее приоритетных проблем.

Необходимо заметить, что в странах бывшего Союза удельное потребление энергии на единицу произведенной продукции в 2...3 раза выше, чем в Западной Европе [1]. На многих предприятиях только около пятидесяти процентов общей потребляемой энергии идет на производственные нужды. При неудовлетворительном состоянии в энергетике имеет место низкая энергоэффективность в промышленности и непроизводительной сфере.

В связи с этим становится особо существенной проблема энергосбережения. Проблема энергосбережения тесно переплетается с проблемами энергетики, экологии, технического переоборудования и структурной перестройки экономики. Почти во всех развитых странах приняты соответствующие законодательные акты и образованы как общегосударственные, так и региональные органы по энергосбережению.

Приоритеты политики энергообеспечения и энергоиспользования должны базироваться на

выборе действенных моделей и структур потребления на основе энергоэффективных энергосбере-

гающих технологий и оборудования. Большой резерв в экономии топливно-энергетических ресур-

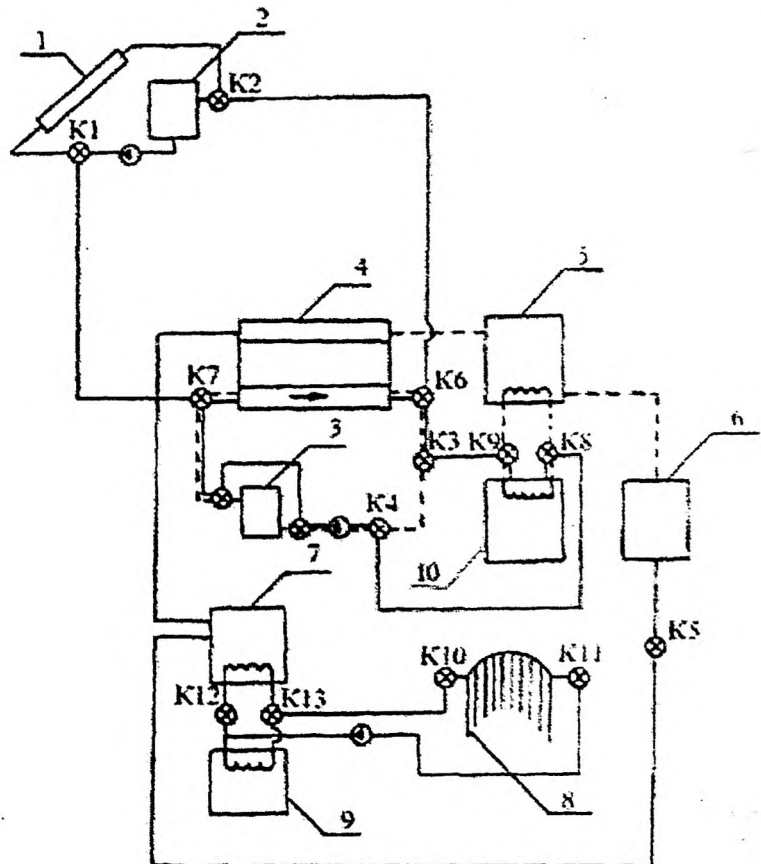
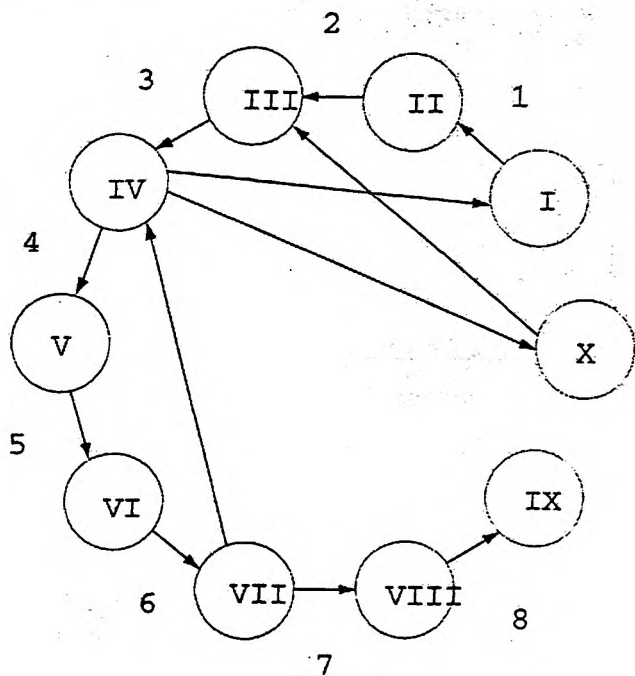


Рис. 1. Схема адсорбционного теплового насоса с суточным аккумулярованием (зимний режим) ---- ночью; — — — днем; 1- гелионагреватель; 2- бак-аккумулятор; 3- котел; 4- адсорбер; 5- конденсатор; 6- ресивер; 7- испаритель; 8- грунтовый теплообменник; 9- потребитель холода; 10- потребитель тепла.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	-1										1	
II	1	-1										
III		1	-1									
IV			1	-1					1	-1	-1	
V				1	-1							
VI					1	-1						
VII						1	-1		-1			
VIII							1	-1				
IX								1				
X										1		-1

$G(10;12)$

Рис.2. Поточковый параметрический граф схемы, изображенной на рис.1.

сов заключается в использовании возобновляемых и нетрадиционных источников энергии. Энергосберегающие установки должны базироваться на комплексном использовании нескольких видов возобновляемых источников энергии с учетом имеющихся их ресурсов в данном регионе и мощности потребителей энергии [2].

Существенным является задача анализа и оптимизации энергосберегающих систем. Оптимизацию изучаемых явлений нужно основывать на методе системного анализа, который ориентирует исследования на раскрытие целостности объекта и взаимосвязи его основных элементов. Следует подчеркнуть, что свойства элемен-

тов могут изменяться в процессе действия системы в целом. Поэтому изучение сложной системы, каковой является энергосберегающая установка, предполагает ее представление в виде модели, позволяющей выполнить анализ поведения системы при различных внешних воздействиях.

При проведении системного анализа целесообразно обратиться к методам теории графов. Теоретико-графовые методы весьма результативны при решении задач анализа и синтеза систем энергосбережения.

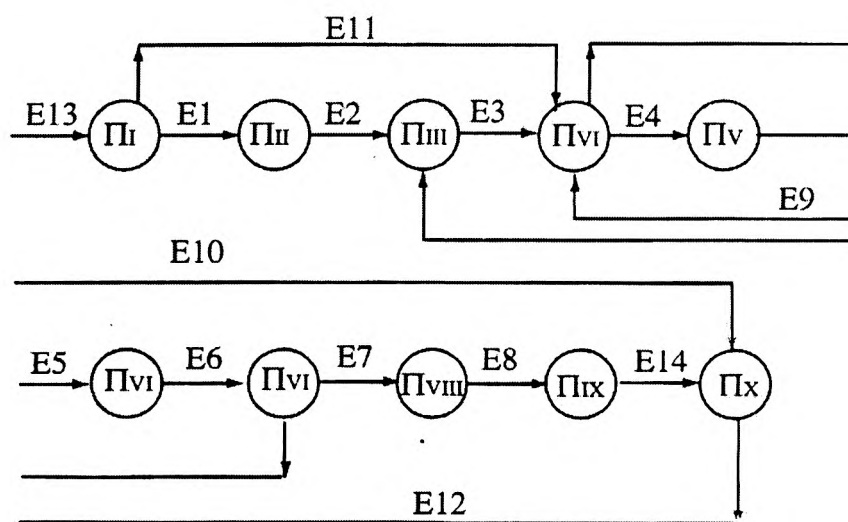
Технологическую схему системы можно изобразить в виде потокового графа $G(A, \Gamma)$, где вершины - это элементы схемы, а дуги - физические потоки (термодинамические параметры, потоки массы, теплоты, энергии) между элементами.

Для анализа энергосберегающих систем обратимся к параметрическому потоковому графу (ППГ) и к эксергетическому потоковому графу (ЭПГ).

Параметрический потоковый граф является топологической моделью системы. При построении ППГ создается информационная блок-схема по технологической схеме и далее представляется в цифровой форме. Цифровым описанием выступает матрица инцидентности, которая полностью отражает топологическую структуру информационной блок-схемы и позволяет перенести эту структуру на язык алгебры или теории множеств.

Эксергетический потоковый граф учитывает не только параметры системы, но и потоки эксергии.

Под ЭПГ следует понимать граф $E(A, \Gamma) = E(A, U)$, множество $A = \{a_1, a_2, \dots, a_k\}$, вершины которого соответствуют эксергетическим потерям в отдельных элементах системы, множество дуг $U = \{u_1, \dots, u_j\}$, $k \neq l$, соответствуют распределению эксергетических потоков в системе: Γ представля-



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
I	-1										-1		1	
II	1	-1												
III		1	-1									1		
IV			1	-1					1	-1	1			
V				1	-1									
VI					1	-1								
VII						1	-1	-1						
VIII							1	-1						
IX								1						-1
X										1		-1		

Рис.3. Эксергетический потоковый граф схемы, изображенной на рис.1.

ет собой многозначное отображение множества A в себя.

ЭПГ по аналогии с ППГ представляют в матричном виде.

На рис.1 представлена схема системы теплоснабжения с адсорбционным термотрансформатором. Источником энергии служит солнечное излучение. Данная схема предназначена для работы летом. Поэтому термотрансформатор используется в режиме кондиционирования.

В ночное время суток хладо-

агент из испарителя поступает в адсорбер. Теплота адсорбции отводится в грунтовый аккумулятор-теплообменник. Часть вырабатываемого холода направляется потребителям, а остальная часть аккумулируется.

В дневное время используется холод аккумулированный в грунтовом теплообменнике.

Адсорбционные установки с твердым сорбционным поглотителем имеют ряд преимуществ. Они не имеют движущихся частей, не

используют электроэнергию, просты в обслуживании.

В качестве сорбционных веществ используются цеолиты и силикагели. Более высокая сорбционная емкость достигается при применении в качестве адсорбента солей, например, соединение $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{OH}$.

Основным термохимическим циклом $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{OH}$ солнечной системы теплоснабжения будет следующий: солнечная энергия используется для разложения $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{OH}$ на CaCl_2 и пар при давлении примерно 300 мм.рт.ст. Пар конденсируется при температуре 40°C . Теплота конденсации может использоваться для нагрева воды, используемой для бытовых нужд. Этим завершается цикл генерации. После этого соль, отделенная от метанола, охлаждается и снова вступает в реакцию с паром. Жидкий метанол при испарении может охлаждаться до -25°C . Образующийся холод используется в системе хладоснабжения потребителей.

На рис.2 приведены потоковый параметрический граф анализируемой схемы и соответствующая матрица инцидентов.

Эксергетический потоковый граф и матрица инцидентов схемы, показанной на рис.1, изображены на рис.3.

Сканируя по матрицам инцидентов для ППГ и определяя булеву переменную на своем пути, ЭВМ рассчитывает все необходимые данные и находит значения параметров в данной узловой точке графа, значения тепловых и массовых потоков, условия оптимальной топологии схемы. Аналогично по матрице ЭПГ ЭВМ вычисляет значения эксергии, эксергетических потоков и, следовательно, определяет степень энергетического совершенства системы.

Математическая модель анализируемой системы теплоснабжения или отдельных ее элемен-

тов может быть представлена в виде функционального оператора

$$\bar{Y}_i = \bar{f}_{Y_i}(\bar{X}_i, \bar{U}_i, \bar{K}_i, \bar{\Gamma}_i), (1)$$

$$\bar{\Phi}_i = \bar{f}_{\Phi_i}(\bar{X}_i, \bar{U}_i, \bar{K}_i, \bar{\Gamma}_i), (2)$$

$$\bar{Z}_i = \bar{f}_{Z_i}(\bar{X}_i, \bar{U}_i, \bar{K}_i, \bar{\Gamma}_i), (3)$$

$$\Psi(p, T, h, s, \rho, \xi) = 0, (4)$$

где i – коды элементов (1,2,...);

\bar{Y}_i – вектор выходных параметров i -го элемента;

$\bar{\Phi}_i$ – вектор параметров функциональных характеристик системы;

$\bar{f}_{Y_i}, f_{\Phi_i}$ – нелинейные вектор-функции i -го элемента;

\bar{X}_i – вектор входных внутренних параметров i -го элемента;

\bar{U}_i – вектор режимных параметров i -го элемента;

\bar{K}_i – вектор конструктивных параметров i -го элемента;

Γ_i – топология подключения i -го элемента;

Z – нелинейная функция

критерия эффективности;

Ψ – вид уравнения состояния;

p, T, h, s, ρ – соответственно давление, температура, энтальпия, энтропия, плотность рабочего тела;

ξ – параметр фазового преобразования в термотрансформаторе. Для компрессионного теплового насоса $\xi = 1$.

Топология подключения i -го элемента определяет его место в схеме и его математическое описание по i -му ходу.

Уравнение баланса расходов i -го элемента:

$$\sum_{j=1}^{j=k} G_j m_{ij} = 0. (5)$$

Уравнение баланса компонента для смеси рабочего тела теплового насоса:

$$\sum_{j=1}^{j=k} G_j m_{ij} \xi_j = 0. (6)$$

Уравнение баланса энергии i -го элемента с учетом топологии схемы:

$$\sum_{j=1}^{j=k} G_j m_{ij} h_j \xi_j + N_i = 0. (7)$$

где N_i – внешняя энергетическая нагрузка на i -ый элемент.

Уравнение гидравлического баланса потока в i -ом элементе:

$$\sum_{j=1}^{j=k} P_j m_{ij} + \Delta P_i = 0. (8)$$

Изменения энтальпии потока в i -ом элементе:

$$\sum_{j=1}^{j=k} h_j m_{ij} + \Delta h_i = 0. (9)$$

В этих уравнениях приняты обозначения: G – расход рабочего тела; Δp – потери давления в данном элементе; Δh – изменение энтальпии раствора; m_{ij} – матрица инцидентности.

Приведенный метод анализа и оптимизации применим и для других систем теплоснабжения, в том числе при использовании низкопотенциальных или вторичных энергетических ресурсов.

Литература

1. Ковалко М.П. Энергобезрежения - досвщ. проблеми, перспективи; Держкоенергозабезпечення Украши. -Кшв: Ін-т електродинаміки НАНУ, 1997. - 152 с.
2. Басакер Р., Саати Т. Конечные графы и сети. -М.: Наука, 1974. -368с.
3. Draganov B., Mischenko A., Fara L. A complex use of Renewable Sources of Energy for Healing-Cooling systems // Solar Energy for Development, vol.4, №1...2, 1995. -P.38-41.

ЗАО «Плаварь»

Тел./факс (017) 2841349. г.Минск. ул.П.Бровки, 15.

Р/с 3012000235017 в АКБ «БелБиржБанк» г.Минск, код 781

УНН 101008033. ОКПО 37377701.

Цены на 21.01.99

№№	Наименование	м. куб./ч	Цена РФ	Цена, т.р.	шт.
Сепараторы-молокоочистители					
1	ОМ-1 А	1	858,0	191540	5
2	ОМ-1 А (с охладителем)	1	16 500,0	369290	0
3	Г9-ОМА	3	45 000,0	1007140	0
4	Г9-ОМА-3М	5	45 000,0	1007140	0
5	А1-ОЦМ-5	5	45 000,0	1007140	1
6	Ж5-ОМБ-4С	10	67275,0	1505680	1
7	А1-ОЦМ-10	10	45 000,0	1007140	0
8	А1-ОЦМ-15	15	60 000,0	1342860	0
9	Ж5-ОМ2-ЕС	30	100000,0	2238100	1
Сепараторы-сливкоотделители					
10	Ж5-ОСБ	1	6 500,0	160020	2
11	Ж5-ОСЦП-1	1	22 000,0	541620	0
12	Г9-ОСЦП-3М	3		1007140	0
13	Ж5-ОСЦП-3	3	96 000,0	2148570	0
14	Ж5-ОС2-Т-3	^	40 000,0	1642650	^
15	Г9-ОЦР	5		1119050	0
16	Ж5-ОС2-НС	10	120000,0	2685710	1
17	Ж5-ОС3-НС	10	140 000,0	3133330	1

Сепараторы высокожирных сливок					
18	Ж5-ОВРП-0.15	0,15	24 000,0	537140	0
19	Ж5-ОС2-Д-500		40 000,0	1744880	0
20	Г9-ОСК			1566670	0
21	Г9-ОС2К			1566670	0
Прочие сепараторы для молочной промышленности					
22	Ж5-ОХ-2С		120 000,0	2820000	1
23	Ж5-ОДТ		180000,0	4230000	0
Прочие сепараторы					
24	ФКЖ		19 000,0	598910	0
25	ВПО		130000,0	3666000	0
26	ВСС-2		120000,0	3102000	0
27	АСГ-3М		18000,0	507600	0
28	АС-2Ж		1 8 000,0	507600	0
29	ИСА-3М		36 000,0	1551000	0
30	мел		125 000,0	2797620	0
31	АСТ		120 000,0	4469480	0
32	ПСА-3М		120000,0	2679000	0
33	ПСБ		120 000,0	2887140	0
34	ПРТ		160 000,0	3677190	0
35	ЛРП		145000,0	3366100	0
36	ВСЕ		120000,0	3102000	0
37	ВСЗ		120000,0	3102000	0