

УДК 697.911.001.5

Параметрическая идентификация базового варианта перспективной системы кондиционирования воздуха

The models for choosing the prototypes of the components of the air conditioning system being in the process of perfection are offered. They provide parametric identification of its base version. The explaining examples are considered.

На начальной стадии технико-экономического описания проектируемого объекта существует потребность в предельных оценках его параметров. Очевидно, что любая новая схема должна иметь расчетные затраты не выше, чем у какой-либо другой известной и вполне отработанной базовой схемы с параметрами прототипа, и не ниже, чем у идеальной гипотетической схемы.

Высказанный тезис лежит в основе процедур распределения капиталовложений в агрегаты системы кондиционирования воздуха (СКВ) и поиска их прототипов. Считаем, что статистические данные об элементах СКВ (в том числе параметры нагревателей, охладителей и нагнетателей воздуха) известны и представлены множеством

$$B_{\Sigma}^* = \bigcup_{k=1}^K \{(U_{km}, G_{km}) \mid m = \overline{0, M}\}, \quad (1)$$

где G_{km} – производительность агрегата k -го назначения при капиталовложениях U_{km} в этот агрегат;
 $M = M(k)$.

На основании множества (1) построим множество коэффициентов нормальных линейных регрессий [2], которое имеет вид

$$\bigcup_{k=1}^K \{r_{kn}, R_{kn} \mid r_{kn} = \overline{G}_{kn} - R_{kn} \overline{U}_{kn} \quad n = \overline{1, N}\}, \quad (2)$$

$$\text{где } \overline{G}_{kn} = \frac{1}{n} \sum_{m=1}^n G_{km}; \quad \overline{U}_{kn} = \frac{1}{n} \sum_{m=1}^n U_{km}; \quad (3)$$

$N \leq M$ – задаваемое число интервалов.

Для распределения заданной суммы капиталовложений S_E^* между K элементами СКВ воспользуемся следующей моделью динамического программирования:

$$S_k = S_{k-1} - u(k) \quad k = 1, K - 1; \quad (4)$$

$$S_K = 0, \quad S_0 = S_E^*, \quad u(k) \in \{\overline{U}_{kn} \mid n = \overline{1, N}\}; \quad (5)$$

$$\sum_{k=1}^K R_{kn} [u(k)] \rightarrow \max_{\{n(k)\}}, \quad (6)$$

где R_{kn} – элемент n -й пары множества коэффициентов (2).

В предлагаемую модель входят уравнения состоя-

ния (4) и ограничения (5), а также критерий качества (6), характеризующий величину производительности СКВ на единицу капиталовложений.

Решение уравнений (4) – (6)

$$u(k) \in \left\{ \overline{U}_{kn} \mid n = \overline{1, N}, N \leq M \right\} \quad k = \overline{1, K} \quad (7)$$

позволяет установить множество аналогов агрегата k -го назначения

$$B_{\Sigma}^{(k)} = \left\{ (U_{km}, G_{km}) \mid m = \overline{0, M}; u(k) = \overline{U}_{kn} \right\}, \quad (8)$$

$$B_{\Sigma}^{(k)} \subset B_{\Sigma}^*,$$

характеризуемое парой коэффициентов (r_k^*, R_k^*) из множества (2).

Прототип агрегата k -го назначения характеризуют объем капиталовложений в него U_k^* и его производительность G_k^* . Указанные параметры образуют упорядоченную пару $\eta^*(k) = (U_k^*, G_k^*)$.

При поиске прототипов предлагается использовать следующий критерий:

$$\Delta u \Big|_{\eta^*(k) = \eta(k)} = \inf \left\{ |u(k) - U_{km}| \mid m = \overline{0, M}; U_{km} \leq u(k) \right\}, \quad (9)$$

где $\eta(k) = (U_{km}, G_{km})$ – упорядоченная пара параметров прототипа агрегата k -го назначения, выбранного из множества в правой части.

Таблица 1.

Характеристики воздухоохладителей фирмы PANASONIC (Япония)

m	Марка агрегата	Капиталовложения, у.е.	Производительность, м ³ /ч
0	CS-71E51HE	3766	1080
1	CS-80E51XE	3873	1200
2	CS-140E95JP	5139	2400
3	CS-160E95JP	5587	2700

В результате последовательного применения выражений (2) и (4) – (6) получаем базовое значение капитальных затрат

$$S_0^* = \sum_{k=1}^K U_k^*, \quad S_0^* \leq S_E^*; \quad (10)$$

среднюю производительность проектируемой СКВ

$$G_a^* = \frac{1}{S_0^*} \sum_{k=1}^K G_k^* U_k^*; \quad (11)$$

оценку мощности источников избыточного тепла в некотором базовом обслуживаемом помещении (ОП)

$$W_{E^*}^{(g)} = G_a^* (c_g^{(p)} \Delta t_E^* + r_\sigma \Delta d_E^*) \quad (12)$$

и оценку производительности источников избыточной влаги в базовом ОП

$$G_{E^*}^{(L)} = G_a^* \Delta d_E^*, \quad (13)$$

где $\Delta t_E^* = t_{E>} - t_{E<}$, $\Delta d_E^* = d_{E>} - d_{E<}$ – допустимая разность температуры и влагосодержания воздуха в ОП соответственно, °С, г/кг;

удельная массовая теплоемкость $c_g^{(p)} = 1$, кДж/(кг·К);

удельная теплота парообразования $\rho_s = 2,5$, кДж/г.

Предложенный подход позволяет идентифицировать параметры базового ОП, на которое будет ориентировано серийное производство разрабатываемой СКВ. Полученные при этом результаты являются исходными для процедуры описания границ состояний воздуха, разделяющих области применения типовых СКВ, в частности по [3, 4].

Рассмотрим примеры использования методики.

Пример 1. Статистические данные о воздухоохладителях представлены в табл. 1. Провести регрессионный анализ и оценить эффективность применения воздухоохладителей для разрабатываемой СКВ.

В результате регрессионного анализа [2] получены три линейные зависимости вида (2), где $N = 3$. Их коэффициенты R_{c1} , R_{c2} и R_{c3} рассматриваются как оценки эф-

Таблица 2
Эффективность воздухоохладителей в СКВ

n	Капиталовложения, у.е.	R_{cn} , м ³ /(ч.у.е.)
1	$0 < \bar{U}_{c1} \leq 5000$	1,121
2	$0 < \bar{U}_{c2} \leq 5500$	0,956
3	$0 < \bar{U}_{c3} \leq 6000$	0,904

эффективности воздухоохладителей для СКВ при соответствующих вариантах капиталовложений в них \bar{U}_{c1} , \bar{U}_{c2} и \bar{U}_{c3} . Итоговая информация содержится в табл. 2.

Пример 2. В результате регрессионного анализа статистической информации об агрегатах нагрева, нагнетания и охлаждения воздуха получена табл. 3. Допустимая разность температуры воздуха в ОП $\Delta t_E^* = 2$ °С, влагосодержания $\Delta d_E^* = 1,44$ г/кг.

Необходимо:

• распределить денежную сумму $S_E^* = 6000$ у.е. между тремя ($K = 3$) подсистемами СКВ – нагрева, нагнетания и охлаждения;

Таблица 3

Исходные данные для распределения капиталовложений

n	Капиталовложения, у.е.	Производительность системы, м ³ /ч			Эффективность капиталовложений, м ³ /ч на 1 у.е.		
		\bar{G}_{qn}/ρ_a^*	\bar{G}_{bn}/ρ_a	\bar{G}_{cn}/ρ_a	R_{qn}	R_{bn}	R_{cn}
1	500	647,5	346,7	0,0	3,159	2,305	0,000
2	1000	200,0	727,9	0,0	0,263	2,085	0,000
3	1500	200,0	1052,0	0,0	0,263	2,642	0,000
4	2000	250,0	1053,0	0,0	0,234	2,001	0,000
5	2500	312,5	1053,0	0,0	0,273	2,001	0,000
6	3000	312,5	1053,0	0,0	0,273	2,001	0,000
7	3500	508,3	1053,0	0,0	0,306	2,001	0,000
8	4000	508,3	1053,0	1140,0	0,306	2,001	1,121
9	4500	508,3	1053,0	1140,0	0,306	2,001	1,121
10	5000	508,3	1053,0	1140,0	0,306	2,001	1,121
11	5500	508,3	1053,0	1560,0	0,306	2,001	0,956
12	6000	508,3	1053,0	1845,0	0,306	2,001	0,904

* ρ_a – плотность воздуха, кг/м³.

• определить основные параметры базового варианта СКВ;

• идентифицировать помещение, которое может обслуживать СКВ.

Численное решение задачи динамического программирования (4) – (6) позволило определить оптимальные капиталовложения в каждую из подсистем нагрева, нагнетания и охлаждения воздуха, которые должны соответственно составить

$$u(q) = 500 \text{ у.е.}, u(b) = 1500 \text{ у.е.}, u(c) = 4000 \text{ у.е.} \quad (14)$$

Исходя из табл. 3, имеем следующие оценки прототипов:

$$U_q^* = 500 \text{ у.е. при } G_q^*/\rho_a = 0,180 \text{ м}^3/\text{с} = 647,5 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$U_q^* = 500 \text{ у.е. при } G_b^*/\rho_a = 0,292 \text{ м}^3/\text{с} = 1052,0 \text{ м}^3/\text{ч}; \quad (15)$$

$$U_q^* = 500 \text{ у.е. при } G_c^*/\rho_a = 0,317 \text{ м}^3/\text{с} = 1140,0 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

По формулам (11) – (13) с учетом (15) при $\rho_a = 1,205$ кг/м³ получим следующие параметры базового варианта СКВ:

$$G_a^* = 0,360 \text{ кг/с}; W_{E^*}^{(q)} = 1,297 \text{ кВт}; G_{E^*}^{(L)} = 0,519 \text{ г/с}.$$

Для выработки качественной оценки идентифицируемого ОП воспользуемся полученным значением мощности источников избыточного тепла $W_{E^*}^{(q)}$. С учетом [1] заключаем, что проектируемая СКВ должна обеспечить достижение комфортных условий труда в ОП с двумя персональными компьютерами для трех административных работников.

Пример 3. По данным табл. 1 и результатам динамического программирования (14) определить прототип воздухоохладителя.

Критерий (9)

$$\inf\{|4000 - 3766|;$$

$$|4000 - 3873|\} = \inf\{234, 127\} = 127 \text{ у.е.}$$

Очевидно, что в качестве прототипа воздухоохладителя следует принять тот, капиталовложения на котором составляют 3873 у.е., т.е. CS-80E51XE PANASONIC с производительностью 1200 м³/ч (см. табл. 1).

Список литературы

1. Кокорин О.Я., Дементьев В.В. Энергосберегающие режимы регулирования процессов охлаждения воздуха в СКВ с помощью насосов фирмы «Грундфос» // Холодильная техника. 1999. № 11.
2. Математическая статистика: Учебник / В.М. Иванова, В.Н. Калинина, Л.А. Нешумова и др. – М.: Высш. школа, 1981.
3. Рымкевич А.А. Системный анализ оптимизации общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха. – М.: Стройиздат, 1990.
4. Рымкевич А.А., Халамейзер М.Б. Управление системами кондиционирования воздуха. – М.: Машиностроение, 1977.