УДК 628.81

Кузьмин Сергей Иванович,
к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: sergey.kuzmin@mail.ru
Ившина Надежда Александровна,
магистрант, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: nadezdaivsina1@gmail.com

МОДЕЛЬ СТОИМОСТИ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Kuzmin S.I., Ivsina N.A.

MODEL OF THE COST OF HEAT PUMPS

Аннотация. Представлена математическая модель оценки стоимости тепловых насосов для теплопотребляющих систем здания.

Ключевые слова: энергосбережение, утилизация тепловой энергии, тепловой насос, единовременные затраты.

Abstract. A mathematical model of estimating the cost of heat pumps for heat-consuming building systems is presented.

Keywords: energy saving, thermal energy disposal, heat pump, one-time costs.

В решении проблемы энергосбережения одним из наиболее перспективных методов повышения энергетической эффективности зданий является использование тепловой энергии окружающей среды – атмосферы, источников природной воды, грунта, имеющих сравнительно низкий температурный потенциал. Тепловая энергия, содержащаяся в этих источниках, извлекается тепловыми насосами с повышением температурного потенциала с целью использования в теплопотребляющих системах здания – отопления, горячего водоснабжения, вентиляции.

Однако, надо иметь в виду, что при наличии традиционных (ТЭЦ, котельных и т.п.) и альтернативных (тепловые насосы, солнечные тепловые коллекторы) источников тепловой энергии, выбор способа теплоснабжения объекта должен основываться на сравнении конкурирующих вариантов.

Основным критерием эффективности «источника теплоснабжения» выбраны удельные приведенные затраты $C_{пр.Q}$, отнесенные к единице перекаченной энергии W_{TH} (МВт$\bullet$год):

$$C_{пр.Q} = (K_{пр} C_K + C_Э) / W_{TH}, \qquad (1)$$

где C_K и $C_Э$ – затраты соответственно капитальные на установку источника (руб.) и эксплуатационные, (руб./год); $K_{пр.}$ – коэффициент самоокупаемости системы, год$^{-1}$.

Стоимость теплового насоса представим зависимостью от его расчетной (паспортной) тепловой производительности Q_{TH}:

$$C_K = c_q \bullet Q_{TH}^m, \qquad (2)$$

где c_q – стоимостной показатель (удельная стоимость), отнесенный к единице тепловой производительности насоса, руб/кВт.

Как показывает анализ цен оборудования, представленного на рынке, удельная стоимость тепловых насосов обратно пропорциональна их расчетной тепловой производительности (рисунок 1).

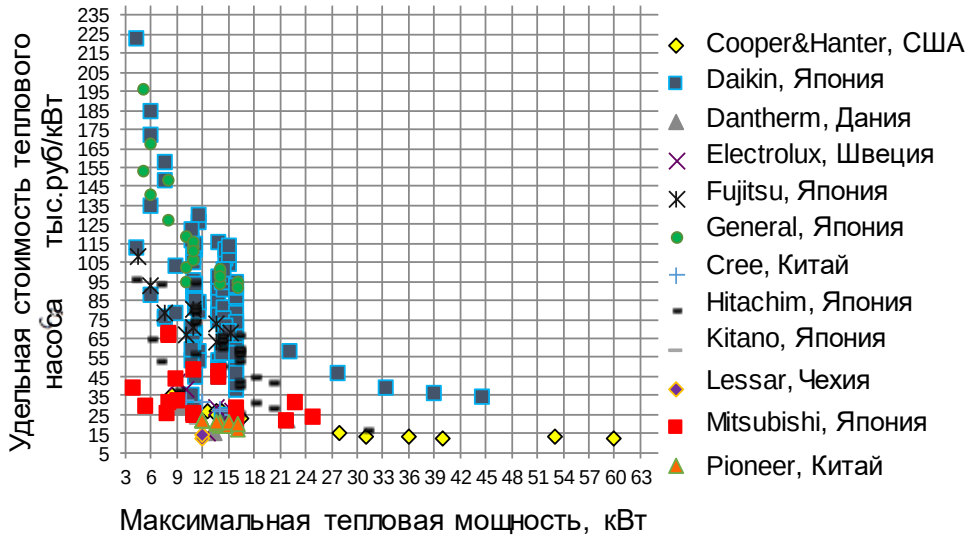

Рисунок 1 - Зависимость удельной стоимости C_q, тыс. руб/кВт от расчетной тепловой мощности Q, кВт

Данное распределение C_q аппроксимировано выражением для двух уровней цен: максимальной $C_q^{\max}$ (при $P = 1$) и минимальной $C_q^{\min}$ (при значении $P = -1$):

$$c_q = \exp(4,461 + 0,998 \cdot \bar{P} - 0,0571 \cdot Q_{TH.0} - 0,0093 \cdot Q_{TH.0} \cdot \bar{P} + 0,00051 \cdot Q_{TH.0}^2) \bullet 10^3 \qquad (3)$$

При этом дисперсия адекватности $S_{ад}^2$ составляет [1] $S_{ад}^2 = 0,18$ и принимая допустимую погрешность в вычислении C_q 5 %, расчетный критерий адекватности полученной модели (критерий Фишера) $F_{ад}^{расч.}$ равен $F_{ад}^{расч.} = 0,00022$ при табличном значении $F_{ад}^{табл.} = 3,84$ и доверительно вероятности 95 %.

Соответственно, полученная модель удельной стоимости тепловых насосов адекватно аппроксимирует имеющиеся данные, и может быть использована при разработке методики оценки эффективности использования тепловых насосов в теплопотребляющих системах зданий.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Вознесенский. Математическое моделирование в технико-экономических задачах. М.: Финансы и статистика, 1986, 315 с.