

Кузьмин Сергей Иванович,
к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: sergey.kuzmin@mail.ru
Крапчетов Павел Викторович,
магистрант, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: pgs@angtu.ru

МОДЕЛЬ СТОИМОСТИ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ТИПА «ВОДА-ВОДА»

Kuzmin S.I., Krapchetov P.V.

MODEL OF THE COST OF HEAT PUMPS TYPE «WATER-TO-WATER»

Аннотация. Представлена математическая модель оценки стоимости тепловых насосов типа «вода-вода».

Ключевые слова: энергосбережение, тепловые насосы, отопление, единовременные затраты.

Abstract. A mathematical model for estimating the cost of heat pumps type «water-to-water» is presented.

Keywords: energy saving, heat pumps, heating, one-time costs.

Применение альтернативных источников тепловой энергии для теплопотребляющих систем зданий взамен традиционных, использующих ископаемое топливо, всё больше ориентируется на естественные низкотемпературные теплосодержащие среды (воздух, вода, грунт) и трансмиссионные потоки, удаляемые из искусственных объектов (уходящий воздух вентиляционных систем, канализационные стоки). Одним из основных условий эффективности использования таких источников является стабильность их температурного уровня в течение всего периода использования. В наибольшей степени этому условию отвечают водные среды, температура которых изменяется не более чем на 10÷15 °С за сезон. Извлечение тепловой энергии из низкотемпературных сред обеспечивается тепловыми насосами.

В то же время наличие различных вариантов теплоснабжения требует обоснованного выбора источника тепла и оценки его эффективности не только с позиций экологичности и ресурсосохранения, но и по экономичности.

Критерием экономической эффективности «источника теплоснабжения» выбраны удельные приведённые затраты $C_{np,Q}$, отнесённые к единице перекаченной тепловым насосом энергии W_{TH} (МВт·год):

$$C_{np,Q} = (K_{np}C_K + C_{\text{э}})/W_{TH}, \quad (1)$$

где C_K и $C_{\text{э}}$ — затраты, соответственно, капитальные на установку источника (руб.) и эксплуатационные, (руб./год); K_{np} — коэффициент самокупаемости системы, год⁻¹.

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

$$C_K = c_q \cdot Q_{ТН}^m, \quad (2)$$

где C_q — стоимостной показатель (удельная стоимость), отнесённый к единице тепловой производительности насоса, у.е./кВт.

Как показывает статистика цен на тепловые насосы типа «вода-вода», представленные на рынке, их стоимость изменяется в широких пределах от разных производителей. Для универсальности анализа стоимость оборудования выражена в условных единицах (у.е.) и представлена на рисунке 1.

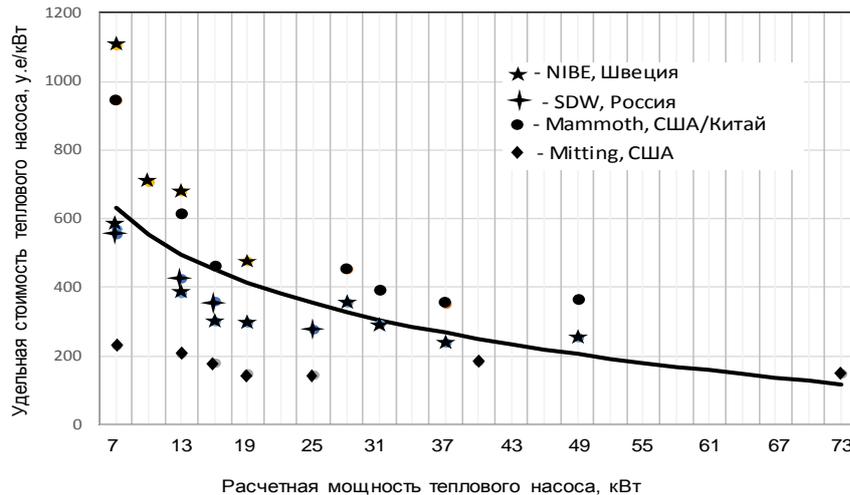


Рисунок 1 – Зависимость удельной стоимости тепловых насосов C_q , у.е./кВт от расчётной мощности Q , кВт.

По данному распределению определены среднестатистические значения C_q , которые аппроксимированы выражением:

$$c_q = 1057,5 - 219 \cdot \ln(Q) \quad (3)$$

При этом дисперсия адекватности $S_{ад}^2$ составляет [1] $S_{ад}^2 = 5589$ и, принимая допустимую погрешность в вычислении C_q 12 %, расчётный критерий адекватности полученной модели (критерий Фишера) $F_{ад}^{расч.}$ равен 3,66 при табличном значении $F_{ад}^{табл.} = 3,84$ и доверительной вероятности 95 %.

Соответственно, полученная модель удельной стоимости тепловых насосов адекватно аппроксимирует среднестатистические показатели и может быть использована в разработке методики оценки эффективности использования тепловых насосов в теплотребляющих системах зданий.

ЛИТЕРАТУРА

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