

УДК 621.382.53

## Приложение метода анализа чувствительности к расчету термоэлектрических кондиционеров

Д-р техн. наук А. Б. СУЛИН

ФГУП НИИ промышленной и морской медицины  
196143, Санкт-Петербург, пр. Юрия Гагарина, 67

**The method of definition of optimum characteristics of the thermoelectric conditioner based on the analysis of sensitivity of system to the indignations is considered. The example of search of the optimum decision for the concrete device including the thermoelectric heat exchanger and the fan is resulted.**

**Keywords:** thermoelectric conditioner, sensitivity analysis, heat exchange surface.

**Ключевые слова:** термоэлектрический кондиционер, анализ чувствительности, теплообменная поверхность.

Объект исследования данной работы — термоэлектрический водовоздушный теплообменник. Границами рассматриваемой системы являются электровентилятор тангенциального типа и воздушная часть теплообменника, представляющая собой радиатор с плоскими ребрами (рис. 1). Составлены три математические модели, описывающие процессы в данной системе теплообмена:

- математическая модель процессов теплопередачи в щелевых каналах теплообменника;
- математическая модель аэродинамических характеристик вентилятора и теплообменника;
- математическая модель процессов переноса теплоты в термоэлектрическом модуле.

В качестве характеристических критериев выбраны коэффициент преобразования COP, эксергетический КПД  $\eta_{\text{экс}}$  и относительный эксергетический КПД  $\eta_{\text{отн}}$ .

Анализ эффективности проектных решений ребренных теплообменных поверхностей термоэлектрического воздухоохладителя проводился с использованием метода анализа чувствительности [1]. Чувствительность системы — это свойство изменять характеристики функционирования системы под влиянием изменений собственных параметров и внешних возмущающих воздействий. Анализ выполнялся при фиксированном значении эксергии на входе в сис-

тему. В нашем случае подбирались такие параметры энергопитания системы «термоэлектрический блок—электровентилятор», при которых ее энергопотребление оставалось постоянным при изменении геометрических характеристик и материала теплообменной поверхности.

Для расчетов в качестве постоянных параметров принимались:

- марка вентилятора:  
«Ecofit» 4TGL25 100×200R T10-18;
- ширина фронтального сечения теплообменника: 230 мм;
- длина теплообменника: 185 мм;
- марка и число модулей:  
«Melcor» CP 1.4-127-06L, 40 шт.;
- температура воздуха на входе в теплообменник: 25 °С.

В качестве переменных параметров принимались:

- толщина ребра  $\delta_p$ ;
- межреберное расстояние  $\delta_{\text{м.р}}$ ;
- высота фронтального сечения  $h$ ;
- температура охлаждающей воды;
- материал ребра.

По результатам вычислений построены графики зависимостей холодопроизводительности, коэффициента преобразования энергии, эксергетического КПД и относительного эксергетического КПД от различных вариантов геометрии канала (рис. 2–5).

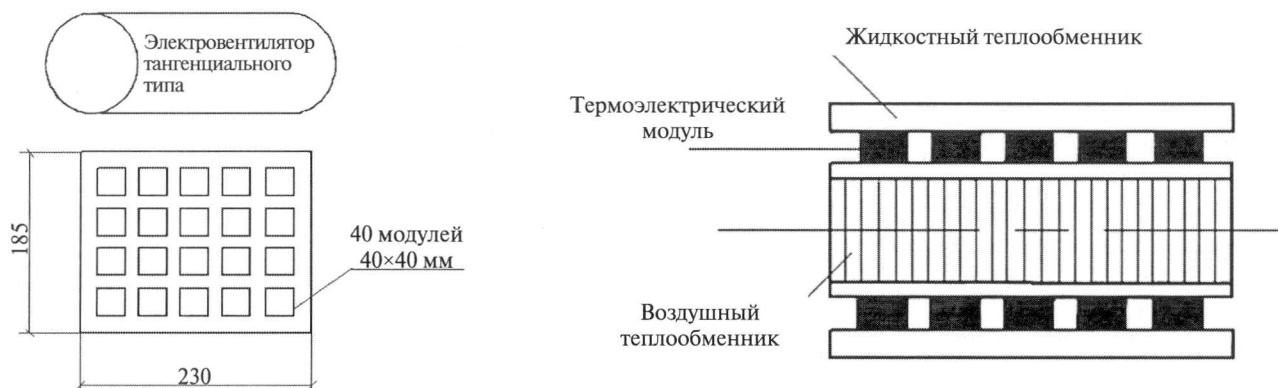


Рис. 1. Компоновка термоэлектрического кондиционера

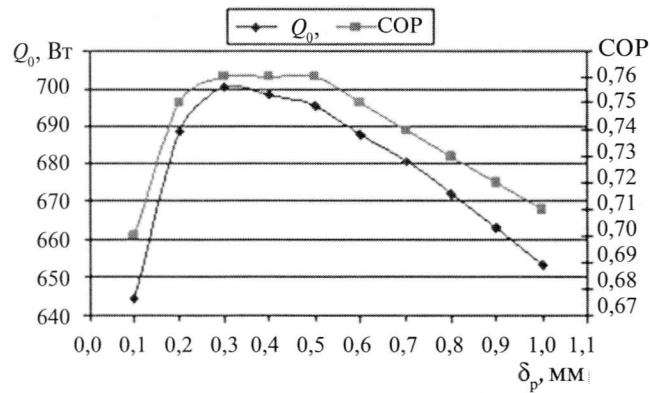


Рис. 2. Зависимость холодопроизводительности и коэффициента преобразования энергии от толщины ребра (материал ребра — алюминий, температура воды 35 °С,  $h = 70$  мм,  $\delta_{м.р} = 2$  мм)

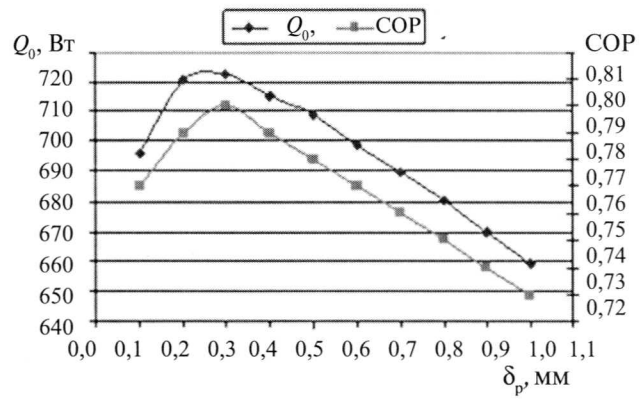


Рис. 3. Зависимость холодопроизводительности и коэффициента преобразования энергии от толщины ребра (материал ребра — медь, температура воды 35 °С,  $h = 70$  мм,  $\delta_{м.р} = 2$  мм)

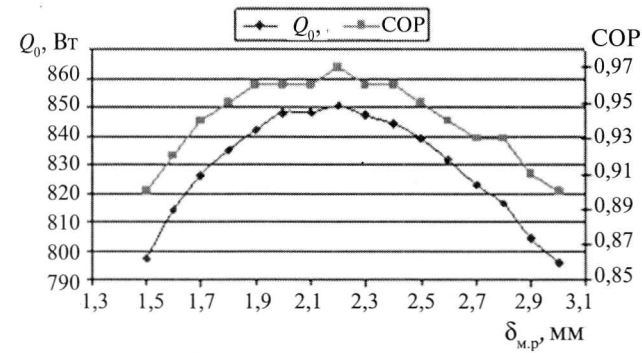


Рис. 4. Зависимость холодопроизводительности и коэффициента преобразования энергии от межреберного расстояния (материал ребра — медь, температура воды 25 °С,  $h = 70$  мм,  $\delta_p = 0,3$  мм)

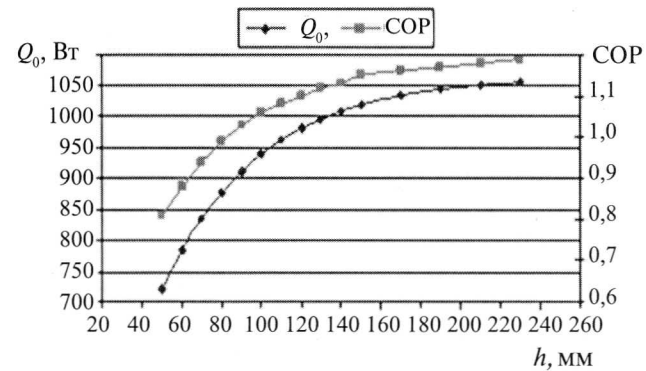


Рис. 5. Зависимость холодопроизводительности и коэффициента преобразования энергии от высоты ребра (материал ребра — медь, температура воды 25 °С,  $\delta_p = 0,5$  мм,  $\delta_{м.р} = 2$  мм)

На графиках приведены результаты анализа чувствительности рассматриваемой термоэлектрической системы к изменению параметров теплообменной поверхности.

Наибольшее значение коэффициента преобразования энергии наблюдается при толщине ребра 0,3–0,5 мм в случае применения алюминия и 0,3 мм в случае применения меди. Максимальная холодопроизводительность в обоих вариантах наблюдается при толщине ребра 0,3 мм. Эксергетический КПД растет до толщины ребра 0,7 мм далее практически не изменяясь. Относительный эксергетический КПД имеет максимальное значение при толщине ребра 0,3 мм.

Наибольшее значение коэффициента преобразования энергии наблюдается при толщине ребра 0,3 мм в случае перепада температур сред на входе от 10 К до –10 К и 0,2–0,3 мм при 0 К. Максимальная холодопроизводительность во всех вариантах наблюдается при толщине ребра 0,3 мм. Эксергетический КПД растет до толщины ребра 0,7 мм и после этого практически не изменяется. Относительный эксергетический КПД имеет максимальное значение при толщине ребра 0,3 мм.

Наибольшее значение коэффициента преобразования энергии наблюдается при толщине

ребра 0,2–0,3 мм в случае межреберного расстояния 2 мм и 0,3–0,6 мм в случае межреберного расстояния 3 мм. Максимальная холодопроизводительность наблюдается при толщине ребра 0,3 мм в случае межреберного расстояния 2 мм и при толщине ребра 0,4 мм в случае межреберного расстояния 3 мм. Эксергетический КПД растет до толщины ребра 0,7 мм после чего в случае межреберного расстояния 2 мм практически не изменяется, а в случае межреберного расстояния 3 мм имеет перепады. Относительный эксергетический КПД имеет максимальное значение при толщине ребра 0,3 мм в случае межреберного расстояния 2 мм и при толщине ребра 0,4 мм в случае межреберного расстояния 3 мм.

Наибольшее значение коэффициента преобразования энергии наблюдается при межреберном расстоянии 2,2 мм в случае толщины ребра 0,3 мм и при межреберном расстоянии 2,2–2,4 мм в случае толщины ребра 0,5 мм. Максимальная холодопроизводительность наблюдается при межреберном расстоянии 2,2 мм в случае толщины ребра 0,3 мм и при межреберном расстоянии 2,3 мм в случае толщины ребра 0,5 мм. Эксергетический КПД убывает гиперболически. Относительный эксергетический КПД имеет максимальное значение при межреберном

расстоянии 2,2 мм в случае толщины ребра 0,3 мм и при межреберном расстоянии 2,3 мм в случае толщины ребра 0,5 мм.

Коэффициент преобразования энергии, холодопроизводительность и относительный эксергетический КПД возрастают во всем рассмотренном диапазоне высот канала и при высоте канала более 150 мм меняются мало. Эксергетический КПД убывает практически равномерно во всем рассмотренном диапазоне высот канала.

Исходя из вышеприведенного анализа, определяем область наиболее эффективной геометрии теплообменника для рассматриваемой нами системы. Наиболее эффективной является толщина ребра 0,3–0,4 мм, но следует заметить, что по технологии изготовления ребер минимальная толщина составляет 0,5 мм. Для толщины ребра 0,5 мм наиболее эффективно межреберное

расстояние 2,2–2,3 мм. Поскольку при больших значениях высоты канала рассмотренные характеристики теплообменника меняются незначительно, в целях снижения металлоемкости и габаритов канала рекомендуется ограничить его высоту до 150 мм. По причине того, что при низком значении высоты канал имеет большое аэродинамическое сопротивление, малый расход воздуха и, как следствие, низкий коэффициент преобразования энергии, рекомендуется ограничить минимальную высоту канала высотой выходного патрубка вентилятора, равной 70 мм.

### Список литературы

1. Кафаров В. В., Мешалкин В. П., Гурьева Л. В. Оптимизация теплообменных процессов и систем. — М.: Энергоатомиздат, 1988.