

Арсеньєва О.П., Товажнянский Л.Л., Смит Р., Булатов И.С., Капустенко П.А., Хавин Г.Л.

**ПРЕИМУЩЕСТВА ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА  
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕПЛООБМЕННЫХ СЕТЕЙ**

Выполнено по проекту ЕС INTHEAT (contract № FP7-SME-2010-1-262205)

Интенсификация теплообмена является одним из многообещающих способов оптимизации размера и веса теплообменного оборудования, и в то же время увеличить использование вторичного тепла технологических процессов. С его применением вредное воздействие промышленных аппаратов на окружающую среду уменьшается, минимизируется их энергопотребление и выбросы углекислого газа. Принципы конструкции и математические методы проектирования интенсифицированных теплообменных аппаратов обычно существенно отличаются от подходов, применяемых для кожухотрубных теплообменников. Для трубчатых теплообменников принципы проектирования регулируются стандартом ТЕМА (Tubular Exchangers Manufacturers Association) [1], и зависимости хотя бы для приблизительного теплового и гидравлического их проектирования можно без труда найти в литературе [2–4], открытых ресурсах и коммерческих программах для расчета. Для интенсифицированных теплообменных аппаратов такая информация ограничена или же запатентована.

Пластинчатые теплообменные аппараты (ПТА) относятся к теплообменникам с интенсифицированной теплообменной поверхностью. Для определения преимуществ от применения такого интенсифицированного теплообмена, использовалась математическая модель, позволяющая моделировать работу пластинчатого теплообменного аппарата с учетом различных геометрических параметров теплопередающих пластин. На основании этой модели разработан оптимизирующий алгоритм на основе MINLP метода с ограничениями в виде неравенств. Целевой функцией является площадь теплопередающей поверхности пластинчатого аппарата. Оптимизируемыми переменными являются высота гофры, длина пластины, угол наклона гофры к вертикальной оси пластины и отношение шага гофрировки пластины к высоте гофры. Оптимальное решение представляет собой площадь теплопередающей поверхности ПТА, при которой геометрические параметры пластины и ее гофрировки строго соответствуют вычисленным оптимальным значениям. Этот алгоритм реализован в DLL модуле, который может быть внедрен для различных вычислений при оптимизации теплообменных сетей.

Процедура разработки оптимальной теплообменной сети является пошаговой, и использует стратегию модернизации, описанную в литературе [4]. На первом этапе моделирования разрабатывается начальная структура теплообменной сети с применением методов Пинч-анализа и интеграции тепловых процессов, и определяют потоки и позиции, на которых возможно применение ПТА. Для этих аппаратов вычисляются коэффициенты теплоотдачи и стоимостные функции. Используя полученные значения, процесс оптимизации повторяют заново, пока и находят новое оптимальное решение. Использование ПТА расширяет границы возможных вариантов теплообменных сетей и приводит к лучшему решению. Уменьшение отложений на интенсифицированной теплопередающей поверхности, является одним из возможных развитий теории внедрения теплообменных аппаратов такого класса, что является продолжением настоящей работы.

## Литература

1. Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers Association, 9th edn., TEMA Inc., New York, 2007.
2. Wang, L., Sunden, B., Manglik, R.M., PHEs. Design, Applications and Performance, WIT Press, Southampton, UK, 2007.
3. Shah R.K., Seculic D.P. Fundamentals of Heat Exchanger Design, Wiley and Sons Ltd., New York, 2003.

4. Пластинчатые теплообменники в промышленности / Тovaжнянский Л.Л., Капустенко П.А., Арсеньева О.П. и др.– Харьков: НТУ «ХПИ», 2004.– 232 с.

УДК 338.45:662.6

Арсеньева О.П., Тovaжнянский Л.Л., Сміт Р., Булатов І.С., Капустенко П.О., Хавін Г.Л.

#### **ПЕРЕВАГИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕПЛООБМІНУ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТЕПЛООБМІННИХ СІТЕЙ**

Розроблено математичну модель роботи пластинчатого теплообмінного апарату з урахуванням різних геометричних параметрів пластин. Створено алгоритм оптимізації на основі MINLP метода з обмеженнями у вигляді нерівностей. У якості цільової функції розглядається площа поверхні теплообміну апарату. До параметрів оптимізації належать висота гофри, довжина пластини, кут нахилу гофри до вертикальної вісі пластини та співвідношення кроку гофрування до висоти гофри. Алгоритм реалізовано у вигляді DLL модуля, що може бути впроваджено для різних обчислень при оптимізації теплообмінних сітей.

Arsenyeva O., Tovazhnyansky L., Smith R., Bulatov I., Kapustenko P., Khavin G.

#### **THE ADVANTAGES OF HEAT TRANSFER ENHANCEMENT FOR HEAT EXCHANGER NETWORKS DESIGN**

The mathematical model of plate heat exchanger with different geometrical parameters is considered. The optimization algorithm based on MINLP method with inequalities constraints is created. The heat transfer surface area of unit is considered as the objective function. The parameters of optimization are: the height of corrugation, the length of the plate, the corrugation angle to the vertical axis of the plate and the ratio of corrugation step to its height. The algorithm is implemented as DLL module that can be used for variety of calculations to optimize heat exchanger networks.