

УДК 66.045.01

Арсеньева О.П., Товажнянский Л.Л., Перевертайленко А.Ю. Долгоносова Е.А.

**ТЕПЛОВЫЕ И ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАСТИН С МЕНЯЮЩИМСЯ ПО ДЛИНЕ ПЛАСТИНЫ СЕЧЕНИЕМ КАНАЛА**

Главной особенностью конденсации чистых паров и паров из парогазовых смесей в условиях вакуума являются жесткие ограничения по потерям давления по стороне пара. В связи с этим использование для этого пластинчатых теплообменников традиционной конструкции, со стандартной постоянной площадью сечения канала по длине пластины, приводит к увеличению площади всего аппарата и, как следствие, его удорожанию. Альтернативой является применение пластинчатых конденсаторов с переменной площадью сечения канала – с более широкой вначале процесса конденсации на входе пара, и уменьшающейся по мере продвижения пара вдоль межпластинного канала.

Целью настоящей работы является изучение тепловых и гидромеханических характеристик каналов пластинчатых теплообменников с переменным сечением по длине пластины и сравнению их с имеющимися экспериментальными данными по теплоотдаче и гидравлическому сопротивлению для пластинчатых теплообменников с постоянным сечением каналов. Кроме того, был рассмотрен вопрос о целесообразности проектирования больших конденсаторов с каналами такого типа и увеличенными сечениями входных коллекторов.

Экспериментальная модель, представленная на рис.1 [1], состоит из четырех пластин, которые образуют три канала: центральный для конденсации вакуумных паров и два периферийных – для охлаждающей воды.

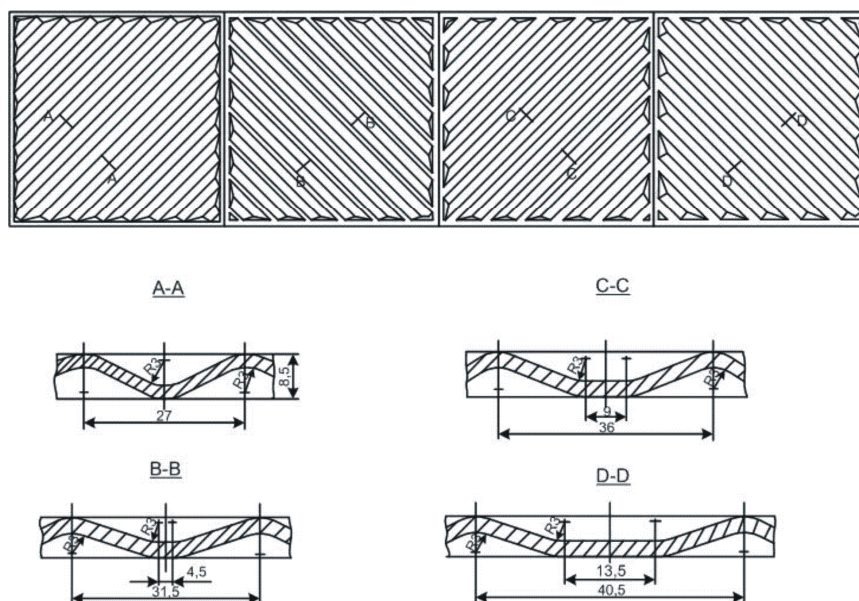


Рисунок 1 – Экспериментальная пластина конденсатора с переменной гофрировкой по длине пластины конденсатора с различной гофрировкой по длине

Пластина по длине состоит из четырех зон, в пределах каждой из которых треугольная гофрировка одинакова. Параметры гофрировки: шаг гофры – 27 мм; высота – 7,5 мм; угол наклона гофры к вертикали пластины – 45°. Отличие гофрированной поверхности по зонам состоит в наличии плоского участка между гофрами, который имеют ширину: 1 зона – плоский участок отсутствует; 2 зона – ширина плоского участка равна 1/6 шага гофры (4,5 мм); 3 зона – 1/3 шага гофры (9 мм); 4 зона – 1/2 шага гофры (13,5 мм).

Каналы на паровом участке образовывались совмещением (сверху вниз) на первом участке при контакте 1 и 4 зоны пластины, на втором 2 и 3 зон, на третьем – 3 и 2 зон и на четвертом – 4 и 1 зоны. Форма образующихся при этом поперечных сечений каналов представлена на рис. 2. Фактически по паровой стороне поперечное сечение канала все уменьшается от одного конца к другому, по стороне охлаждающей воды.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ

ждающей воды наоборот увеличивается, и при этом, сумма площадей поперечных сечений двух соседних каналов остается постоянной и одинаковой для всех четырех зон. Геометрические параметры образующихся каналов, на всех зонах экспериментальной модели, представлены в табл. 1.

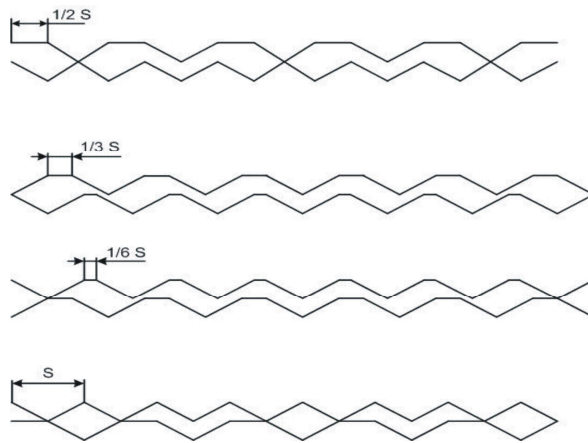


Рисунок 2 – Форма поперечных сечений образующихся каналов

Таблица 1 – Геометрические параметры каналов на зонах экспериментальной модели

№ участка	$d_{ekv}$ , м	$f_{ch}$ , м <sup>2</sup>	$L_{pr}$ , м	$f_{pl}$ , м <sup>2</sup>
1	0,01648	0,0021875	0,223	0,1198
2	0,01491	0,001977	0,223	0,11938
3	0,01338	0,001773	0,223	0,11938
4	0,01177	0,0015625	0,223	0,1198

Экспериментальные исследования проводились на установке, подробное описание которой приведено в работе [1]. Исследуемая модель канала, образованного пластинами, является составной частью пластинчатого вакуумного конденсатора, общий вид модели которого представлен на рис. 3.

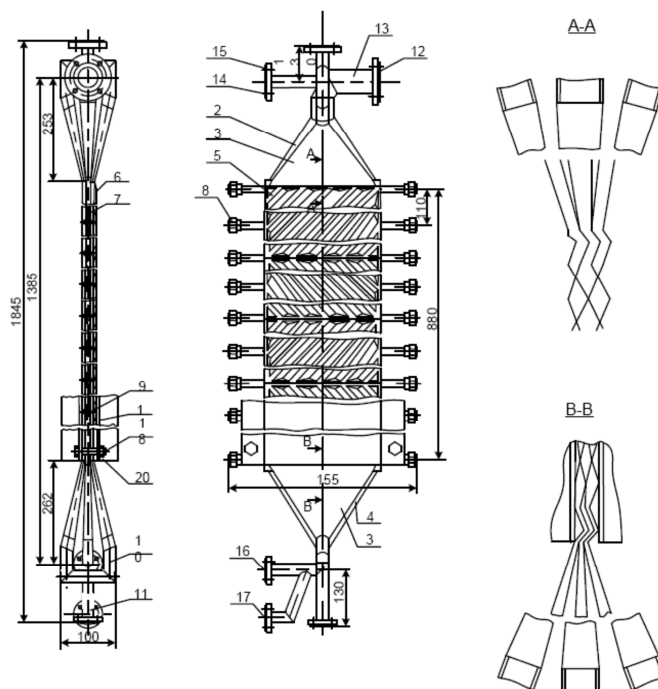


Рисунок 3 – Экспериментальная модель пластины с переменным по длине сечением канала

В результате обработки экспериментальных данных по гидравлическому сопротивлению однофазному потоку получены уравнения для расчета коэффициента гидравлического сопротивления единицы длины канала, для каждой из четырех зон.

Коэффициент гидравлического сопротивления единицы длины канала представлен в виде  $\xi = B \cdot Re^{-m}$ , где  $Re$  – число Рейнольдса. Значения  $B$  и  $m$  приведены в табл. 2. Общий вид экспериментальных данных и расчетных кривых для коэффициента гидравлического сопротивления  $\xi$  в логарифмических координатах представлен на рис. 4.

Таблица 2 – Значение  $B$  и  $m$  для расчета  $\xi$  по зонам пластины

Коэффициент	Номер зоны			
	1	2	3	4
$B$	2.25	2.486	2.725	3.066
$m$	0.17	0.17	0.17	0.17
$A$	0.121	0.124	0.129	0.135

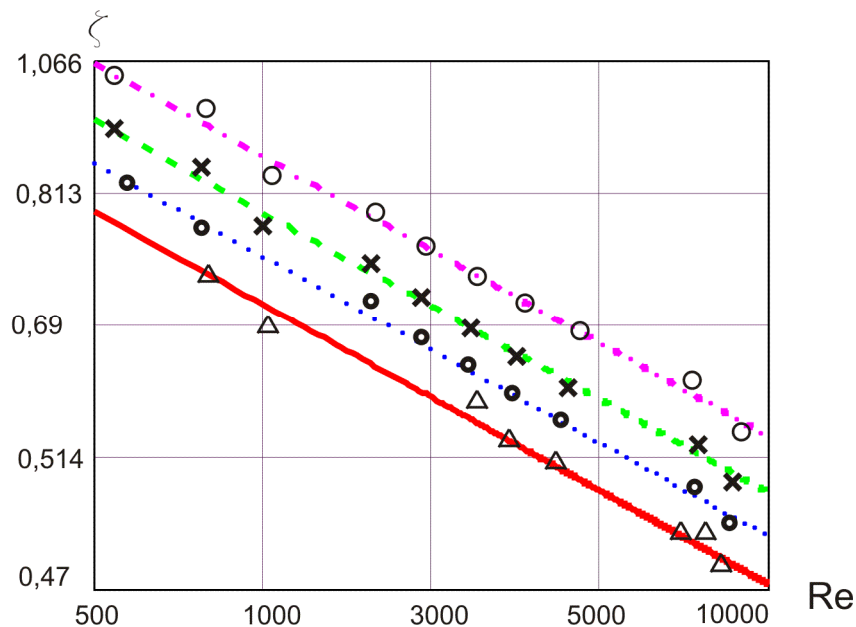


Рисунок 4 – Экспериментальные данные и расчетные зависимости для коэффициента гидравлического сопротивления

Для расчета числа Нуссельта использовалось для всех зон одно обобщенное выражение для всех четырех зон, имеющее вид

$$Nu = A \cdot Re^{0,73} Pr^{0,43} (Pr/Pr_w)^{0,25},$$

где  $A$  – эмпирические коэффициенты, для каждой зоны пластины, приведенные в табл.2;  $Pr$  и  $Pr_w$  – соответственно число Прандтля теплоносителя, и число Прандтля теплоносителя, рассчитанное для температуры стенки пластины. Обработка экспериментальных данных для различных зон показала не столь существенное отличие. Поэтому было принято решение целесообразно объединить все экспериментальные данные в одно уравнение. Таким образом, можно сделать вывод, что тепловая эффективность пластины с переменным сечением канала не снизилась по сравнению со стандартной формой канала и пластины.

Полученные данные о тепловых и гидромеханических характеристиках пластин легли в основу методики расчета, алгоритма и математического обеспечения для расчета конденсации вакуумного пара в пластинчатых теплообменниках с переменным сечением каналов.

### Литература

1. Исследование тепловых и гидромеханических характеристик в каналах переменного сечения пластинчатых конденсаторов // Отчет по НИР.- 0156-83-912.- УкрНИИХиммаш – ХПИ.- Харьков, 1984.- 84 с.
2. Методика расчета пластинчатых паровых теплообменников / ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л., КАПУСТЕНКО П.А., ХАВИН Г.Л., АРСЕНЬЕВА О.П. // Інтегровані технології та енергозбереження. – Харків: НТУ «ХПИ». – 2002, №2.– С. 49–55.
3. Пластинчатые теплообменники в промышленности /Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, П.А. КАПУСТЕНКО, Г.Л. ХАВИН, О.П. АРСЕНЬЕВА. – Харьков: НТУ „ХПИ”, 2004.– 232 с.

УДК 66.045.01

Арсеньева О.П., ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л., ПЕРЕВЕРТАЙЛЕНКО О.Ю. ДОЛГОНОСОВА О.О.

### ТЕПЛОВІ І ГІДРОМЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАСТИН З МІНЛИВИМ ПО ДОВЖИНІ ПЛАСТИНИ ПЕРЕТИНОМ КАНАЛУ

Наведено дані про експериментальні дослідження теплових та гідромеханічних характеристик пластин зі змінною величиною перерізу каналів уздовж пластини. Пластина складається з 4-ох зон, що утворюють канали з різним значенням площини. Одержані рівняння для розрахунку коефіцієнта гідрравлічного опору одиниці довжини каналу для кожної зони пластини та визначена формула для підрахування числа Нуссельта. Одержані дані склали основу методики проектування вакуумних конденсаторів зі змінною величиною площі каналів.

Arsenyeva O., Tovazhnyansky L., Perevertaylenko O., Dolgonosova E.

### THE HEAT AND HYDROMECHANICAL CHARACTERISTIC OF PLATES WITH VARIABLE CHANNELA PROFILE ALONG LENGTH OF PLATE

The experimental data of the heat and hydro-mechanical characteristics for plates with variable channels profile along plate length is presented. Plate consists of four zones. The equations for hydraulic resistance factor and Nusselt number every zone are obtained. These dates are basic for methods of design vacuum condensers with variable of channels square.