

ТЪПЛОБМЕН ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ ЗАКРУТКЕ ПОТОКА  
В ОБЛАСТИ ШНЕКОВЫХ ЗАВИХРИТЕЛЕЙ

Подробное описание экспериментальной установки и исследованных завихрителей дано в работах [1, 2]. Ограничимся краткой характеристикой проведенных исследований. В настоящей работе приводятся результаты экспериментального исследования теплообмена при течении потока в области шнековых завихрителей различной конструкции. Наружный диаметр  $\Phi = 0,039$  м. Диаметр внутреннего сердечника  $d_0 = 0; 0,020$  м. Ширина ленты шнекового завихрителя  $h = 0,012$  м. Относительные шаги шнекового завихрителя по ходу потока  $H/D = 1,0; 0,5; 0,42$ . Диапазон изменения числа  $Re = 10^4 - 6 \cdot 10^4$ . Шнековый завихритель установлен в цилиндрической трубе  $D_T = 0,040$  м. Для ленточного шнекового завихрителя экспериментальные данные аппроксимируются единой зависимостью

$$Nu_x = 0,18 A_k^{-n_1} (Re_r)^{0,8},$$

где  $A_k = 0,75 \frac{H \times D}{h}$  - параметр закрутки;  $n_1 = -A_k + 0,75$

Для первого шага  $A_k = 2,5$ ;  $n_1 = 0,32$ ; второго шага  $A_k = 4,7$ ;  $n_1 = 0,05$ ; третьего шага  $A_k = 5,5$ ;  $n_1 = 0,023$ .

Расчет теплообмена для аналогичных шагов шнекового завихрителя производился по формуле, рассмотренной в работе [3]:

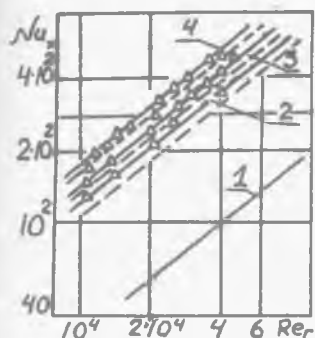
$$Nu = \frac{85 \left(1 + \frac{1,75}{P_2 + 8}\right) P_2}{\sqrt{\lambda}} \frac{D_3}{H} + 2 \frac{0,023 P_2 Re^{0,8} [1 + 4\pi^2 (R/H)^2]^{0,4}}{1 + 2,14 Re_r^{-0,1} [1 + 4\pi^2 (R/H)^2]^{-0,05} (P_2^{2/3} - 1)} \cdot \left(1 + \frac{D_3}{7,5 H Re \lambda} (5050 P_2^{0,69} + 0,00006 P_2^3)\right) \quad (I)$$

Сравнение экспериментальных кривых 2, 3, 4 и теоретически рассчитанных по формуле (I), представленное на рис. 1, показывает их сходимость с погрешностью расчета 3-5%.

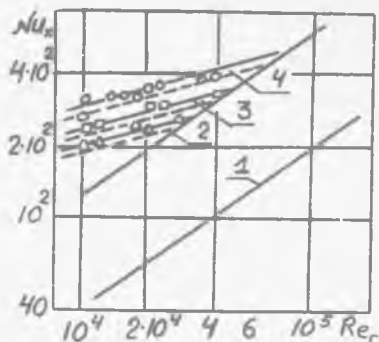
Аналогичное обобщение опытных данных по теплообмену, проведенное для шнека с внутренним сердечником, представлено на рис. 2. Экспериментальные данные аппроксимируются с точностью  $\pm 5\%$  единой зависимостью для всех трех шагов шнекового завихрителя с внутренним сердечником:

$$Nu_x = (A_k)^{0,58} (Re_r)^{0,5}$$

Характер экспериментальных кривых 2, 3, 4 показывает, что с увеличением  $Re_r$  доля интенсивности теплообмена, вкладываемого в общий баланс вихревым смещением, уменьшается. Доля теплообмена, определяемая вихревым смещением, оценивается:



Р и с. 1. Зависимость  $Nu_r=f(Re_r)$  для ленточного шнекового завихрителя



Р и с. 2. Зависимость  $Nu_r=f(Re_r)$  для шнека с внутренним сердечником

$$\Delta Nu = \frac{1}{2} \left\{ \frac{0,018 Re_r^{0,8} [1 + 4\pi^2 (R/H)^2]^{0,4}}{1 + 2,14 Re_r^{0,1} [1 + 4\pi^2 (R/H)^2]^{-0,05}} + \frac{0,018 Re_r^{0,8} [1 + 4\pi^2 (R/H)^2]^{0,4}}{1 + 2,14 Re_r^{0,1} [1 + 4\pi^2 (R/H)^2]^{-0,05} \cos^2 \delta} \right\} \quad (2)$$

где  $\delta$  — угол между направлением касательной к лопатке шнека и осью, перпендикулярной оси шнека.

Для первого шага  $\delta = 32^\circ$ ; для второго шага  $\delta = 12^\circ$ ; для третьего шага  $\delta = 8^\circ$ .

Сравнение кривых, рассчитанных по формуле (2) для 2,3, 4 шагов шнека с сердечником, с экспериментально полученными данными (аппроксимированные пунктирной кривой) показывает близкую сходимость. Для сравнения приведена кривая I (рис. 1) для осевого потока, рассчитанного по известной формуле  $Nu = 0,023 Re^{0,8}$  и кривая I (рис. 2), рассчитанная для закрученного потока в пустой трубе [2]. Таким образом, в результате настоящего исследования разработана методика расчета теплообмена в области шнековых завихрителей различных конструкций с переменным шагом по длине в условиях предварительной закрутки потока. Показано удовлетворительное согласование предлагаемой методики с экспериментальными данными.

## Л и т е р а т у р а

1. Осипенко Ю.И. Некоторые вопросы гидродинамики и теплообмена в вихревой трубе с винтовой вставкой. - Труды II Всесоюзной научно-технической конференции "Вихревой эффект и его применение в технике". - Куйбышев: КуАИ, 1976, с. 213-216.

2. Алимов Р.З., Осипенко Ю.И. Экспериментальное исследование тепло- и массообмена в трубах при местной комбинированной закрутке потока. - Труды КАИ, Казань, 1974, вып. 173, с. 25-32.

3. МигаЙ В.К. Интенсификация теплообмена в трубах и каналах теплообменного оборудования. Автореферат докторской диссертации. - ЦКТИ, 1974.

УДК 66.092.9+532.527+546.65

А.И.Карелин, А.С.Крепак, А.Я.Сваровский

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ ВИХРЕВОМ ПОТОКЕ

В данной работе сделана количественная оценка влияния отдельных факторов, способствующих увеличению времени пребывания капель раствора в объеме реактора и тем самым влияющих на возможность протекания процесса термического разложения нитратных соединений РЗЭ в высокотемпературном закрученном потоке и на сепарационную способность этого потока в реакционной зоне, представляющей собой цилиндрический канал постоянного сечения. Величина диаметра канала принимается величиной постоянной и равной  $D_0 = 0,12$  м.

Математическая модель строится на основании численного исследования стационарных процессов движения в закрученном потоке теплоносителя [1], нагрева, испарения капель раствора [2] и термического разложения соли РЗЭ. При этом приняты следующие допущения: капли раствора являются сферами одного и того же радиуса; градиент температуры по сечению капли равен нулю; движение газовой среды и капель рассматривается отдельно; взаимодействие капель между собой не учитывается, что позволяет исследовать процесс термического разложения для одиночной капли [1].

Для описания движения газового потока рассматривается лишь тангенциальная составляющая скорости, при этом аксиальная считается величиной постоянной, а радиальная равной нулю [1].

Кроме того, считается, что изменение тангенциальной составляющей может быть описано одним из следующих способов: а) законом потенциального вращения; б) законом вращения твердого тела; в) у стенки реакци-