

Кустов Борислав Олегович,
магистрант, Ангарский государственный технический университет,
email: fresh_33@mail.ru

Герасимчук Михаил Владимирович,
магистрант, Ангарский государственный технический университет,
email: svyazist@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ЧЕРЕЗ ПОДВИЖНУЮ ТЕПЛООБМЕННУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

Kustov B.O., Gerasimchuk M.V.

EXPERIMENTAL STUDIES OF THERMAL TRANSMISSION THROUGH A MOBILE HEAT EXCHANGE SURFACE

Аннотация. Выполнены экспериментальные исследования теплопередачи в теплообменнике типа «труба в трубе» с вращающейся трубой. Установлено, что в исследованном диапазоне расхода горячего теплоносителя вращение трубы позволяет на 19-28% увеличить значения коэффициентов теплопередачи.

Ключевые слова: теплообменник типа «труба в трубе», интенсификация теплопередачи, вращение трубы.

Abstract. Experimental studies of heat transfer in a heat exchanger of the "pipe-in-pipe" type with a rotating tube have been performed. It is established that in the investigated range of hot coolant flow rate, the rotation of the pipe makes it possible to increase the values of the heat transfer coefficients by 19-28%.

Keywords: heat exchanger of the "pipe-in-pipe" type, heat transfer intensification, pipe rotation.

На предприятиях химической промышленности широко используются теплообменники типа «труба в трубе», которые отличаются простотой и надежностью конструкции [1]. Недостатком теплообменников такого типа является низкая поверхность теплопередачи и недостаточно высокие коэффициенты теплопередачи. В связи с этим актуальным является совершенствование конструкции теплообменника с целью интенсификации процесса теплопередачи. Увеличение коэффициентов теплопередачи позволит снизить поверхность теплообменника и его габариты.

Предложен новый теплообменник, в котором интенсификация теплопередачи достигается за счет вращения внутренней трубы теплообменника потоком теплоносителя [2]. Конструкция нового теплообменника представлена на рисунке 1. Он состоит из внутренней (2) и внешней трубы (1), турбины (3), подшипников (4), кожуха (7), входных и выходных патрубков (5, 6). Принцип действия теплообменника состоит в следующем. Холодный теплоноситель подается через штуцер (5) в межтрубное пространство на турбину (3). За счет кинетической энергии потока внутренняя труба (2) приводится во вращательное движение. Горячий теплоноситель подается во внутреннюю трубу (2). Теплообмен между теплоносителями происходит через поверхность вращающейся трубы

(2). За счет вращения трубы (2) потоки теплоносителей как в трубном, так и в межтрубном пространстве приобретают вращательно-спиральное движение. Это приводит к дополнительному перемешиванию в пристеночном слое и, как следствие, к интенсификации теплопередачи.

Целью экспериментов является определение зависимости коэффициента теплопередачи от расхода горячей воды и критерия Re горячей воды при постоянном расходе холодной воды с вращением внутренней трубы и без вращения. Эти данные позволят определить степень интенсификации теплообмена в теплообменнике типа «труба в трубе» с вращающейся трубой.

В первую очередь нами выполнен проектировочный расчет лабораторного теплообменника. Исходными данными являлись ориентировочные расходы теплоносителей, начальные и конечные температуры теплоносителей, диаметр труб. Целью расчета было определение требуемой поверхности теплообмена и длины внутренней трубы теплообменника.

Расчет требуемой поверхности теплообмена и длины теплообменника выполнен по классическим уравнениям [1].

Результаты расчета (размеры теплообменника) и конструкция лабораторного теплообменника представлены на рисунке 1. Длина теплообменной трубы (2) составила 1,3 м.

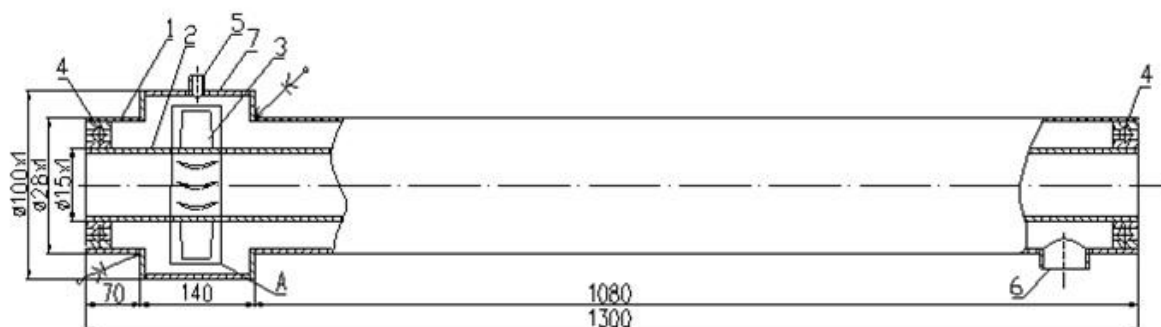


Рисунок 1. Схема теплообменника типа «труба в трубе» с вращающейся трубой

Эксперименты по определению коэффициента теплопередачи в новом теплообменнике при вращении трубы и без вращения проводились на лабораторной установке, изображенной на рисунке 2. Установка состоит из: теплообменника типа «труба в трубе» с вращающейся трубой (1); ротаметров для определения расхода горячей и холодной воды (2, 8); термопар на входе и выходе из теплообменника для измерения температур горячей и холодной воды (4, 5, 10, 11).

Методика проведения эксперимента состоит в следующем. Из источника водоснабжения (13) включается подача холодной воды по шлангу (12). Измерение расхода холодной воды осуществляется с помощью ротаметра (2). Холод-

ная вода поступает в кожух (в межтрубное пространство) на лопасти, приводя во вращение внутреннюю трубу. Межтрубное пространство теплообменника заполняется холодной водой, которая выходит через патрубок (7) в систему канализации. Затем горячая вода из источника водоснабжения (14) по шлангу (12) подается в трубное пространство теплообменника (1). Определение расхода горячей воды осуществляется ротаметром (8). Горячая вода выходит из теплообменника через шланг (12) в систему канализации (16). Показания приборов (2, 4, 5, 8, 10, 11) снимаются и фиксируются в журнале только после выхода теплообменника на стационарный режим работы, т.е. когда прекращается изменение температуры теплоносителей во времени.

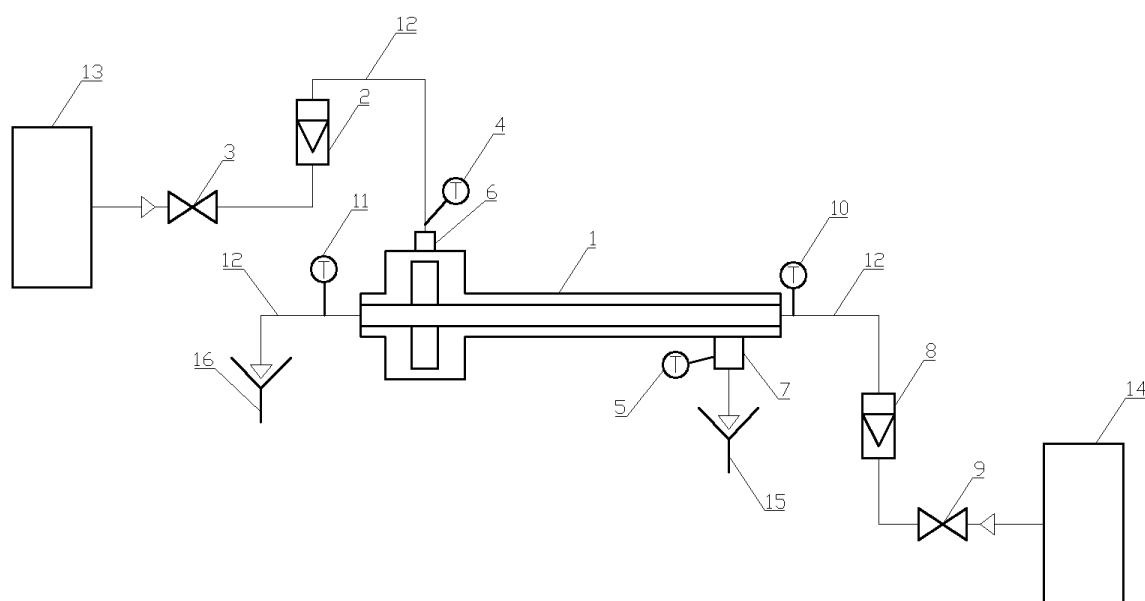


Рисунок 2. Схема лабораторной установки

В результате предварительных расчетов установлено, что в отсутствие вращения трубы сопротивление теплопередаче сосредоточено в трубном пространстве в широком диапазоне расходов горячего теплоносителя. В связи с этим принято решение в ходе экспериментов расход холодного теплоносителя поддерживать постоянным, а расход горячего теплоносителя изменять. В ходе экспериментов расход холодной воды, подаваемой в межтрубное пространство, оставался равным $0,96 \text{ м}^3/\text{ч}$, а расход горячей воды ступенчато изменялся от $0,09$ до $0,72 \text{ м}^3/\text{ч}$. Как показали измерения, при этом частота вращения внутренней трубы оставалась постоянной и равной 2 об/с .

На рисунке 3 представлены результаты экспериментов. Зависимость коэффициента теплопередачи от расхода горячей воды при вращении трубы характеризуется кривой 2, без вращения – кривой 1. Из графиков видно, что в исследованном диапазоне расходов горячей воды вращение трубы позволяет на 19-28% повысить значения коэффициентов теплопередачи.

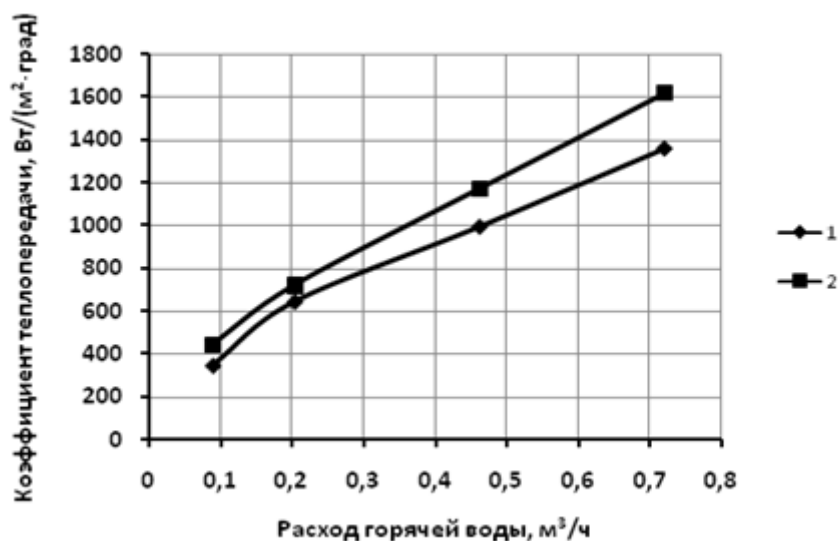


Рисунок 3. Зависимость коэффициента теплопередачи от расхода горячей воды

На основании результатов выполненных экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В теплообменнике типа «труба в трубе» за счет вращения внутренней трубы с постоянной частотой 2 об/с обеспечивается увеличение коэффициента теплопередачи на 19-28 % в исследованном диапазоне расходов горячего теплоносителя (0,09-0,72 м³/ч) при постоянном расходе холодного теплоносителя (0,96 м³/ч).

2. Увеличение коэффициентов теплопередачи при вращении трубы происходит за счет увеличения интенсивности перемешивания в пристеночном слое горячего теплоносителя.

3. Целью дальнейших исследований является определение зависимости интенсивности теплопередачи от частоты вращения трубы, от расхода холодного теплоносителя, от конструкции турбины и ее лопастей.

4. Теплообменник с вращающейся трубой можно рекомендовать к использованию на химическом производстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2004. – 753 с.

2. Патент на изобретение №2645861 (РФ). Авторы: Бальчугов А.В., Кустов Б.О., Бадеников А.В., Кузнецов К.А., Кузора И.Е. Теплообменник типа «труба в трубе» с вращающейся трубой. Приоритет изобретения от 26 апреля 2017г.