

При установке шахты высотой $H = 0,52$ м теплоотдача четырехрядного пучка возросла в 1,5 раза, $H = 1,16$ м – в 2 раза, до $H = 1,48$ м – в 2,25 раза, $H = 2,12$ м – в 2,75 раза по сравнению со свободной конвекцией (без шахты). Увеличение диаметра выходного сечения в изученном диапазоне приводит к повышению теплоотдачи оребренного трубного пучка с вытяжной шахтой.

Таким образом, установка вытяжной шахты позволяет значительно повысить теплообмен оребренных трубных пучков, что позволяет рекомендовать ее использование для АВО природного газа на компрессорных станциях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кунтыш, В. Б. Тепловой и аэродинамический расчеты оребренных теплообменников воздушного охлаждения / В. Б. Кунтыш, Н. М. Кузнецов. – СПб.: Энергоатомиздат, 1992. – 280 с.

2. Васильев, Ю. Н. Повышение эффективности теплообменных аппаратов / Ю. Н. Васильев, А. И. Гриценко, В. И. Нестеров // Нефт. хоз. – 1992. – № 5. – С. 93–95.

3. Самородов, А. В. Совершенствование методики теплового расчета и проектирования аппаратов воздушного охлаждения с шахматными оребренными пучками: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.14 / А. В. Самородов. – Архангельск, 1999. – 176 с.

4. Маршалова, Г. С. Тепловой расчет и проектирование аппаратов воздушного охлаждения с вытяжной шахтой : дис. ... канд. техн. наук : 01.04.14 / Г. С. Маршалова. – Минск, 2019. – 153 л.

УДК 66.021.4

Москалев Л.Н., Поникаров С.И., Францкевич В.С.
(Казанский Национальный Исследовательский Технологический Университет)
(Белорусский государственный технологический университет)

АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА КОНДЕНСАЦИИ В КОНТАКТНОМ АППАРАТЕ ВИХРЕВОГО ТИПА

Развитие различных отраслей промышленности характеризуется увеличением производительности при минимальных затратах энергии и ресурсов. Применение аппаратов вихревого типа, сочетающих высокие скорости контактирования фаз позволяет рекомендовать их для

различных процессов, например для абсорбции или хемосорбции, контактного теплообмена. В настоящей работе рассмотрено конструктивное оформление экспериментальной установки с применением аппарата вихревого типа с использованием насадок и без них, представлены экспериментальные исследования по определению энергозатрат этого аппарата на проведение процесса теплообмена или конденсации.

Процесс тепло- и массообмена широко применяются в прямоточных и противоточных аппаратах: конденсаторы смешения, барометрические конденсаторы, струйные теплообменники, градирни и т.д. В ходе исследования научной литературы по контактному аппарату было выявлено, что ни один из существующих контактных аппаратов, в частности вихревых, не участвовали в конденсации пара, а применялись, только лишь для очистки запыленных газов от мелкодисперсных частиц.

Экспериментальное исследование процесса контактной конденсации водяного пара и паров этилового спирта в вихревых условиях проводилось на ниже описанной установке. Экспериментальная установка состоит из следующих основных блоков (рис. 1): паровая и водяная система.

Паровая система включает в себя следующие аппараты и узлы: контактный конденсатор 1 емкостью: 6,67 л, в который подается пар на конденсацию, через вентили K_3 , K_4 . Данный аппарат включает в себя также насадки: спиралеобразную и конусообразную для проведения идентичных экспериментов и снятия соответствующих результатов. Двух секционный парогенератор 2 емкостью: 1 – 1 л. и 2 – 4 л., в качестве парообразователя с мощностью нагревателя 2 кВт (рис. 1).

Система стальных труб с вентилями, оснащена теплоизоляцией. Теплоизоляция состоит из минеральной ваты и стальной проволоки. Для соединения труб использованы резьбовые соединительные элементы «американка». Трубы используются стальные $D_y = 20$ мм (от парогенератора 2 до основного аппарата 1).

Водяная система, она же система охлаждения, состоит из насосной станции в составе электрического насоса фирмы Grundfos серия UPS 25-40 180 ($H_{max} = 4$ м, $Q_{max} = 2,93$ м³/ч, $P_{max} = 10$ бар) и водяного бака (мерная емкость) для нагнетания давления в центробежно – струйную форсунку или в спиральную насадку находящейся в основном аппарате; сепаратора – отстойника и двух емкостей (сепаратор – отстойник 3, емкость 4 на 3 л. для сбора конденсата углеводородов, емкость 5 на 3 л. для водяного конденсата, из которой водяной конденсат подается обратно в систему в качестве оборотной воды в основной аппарат 1); системы трубопроводов с вентилями, по которым в замкнутом цикле оборачивается вода и проходит конденсация водяных паров.

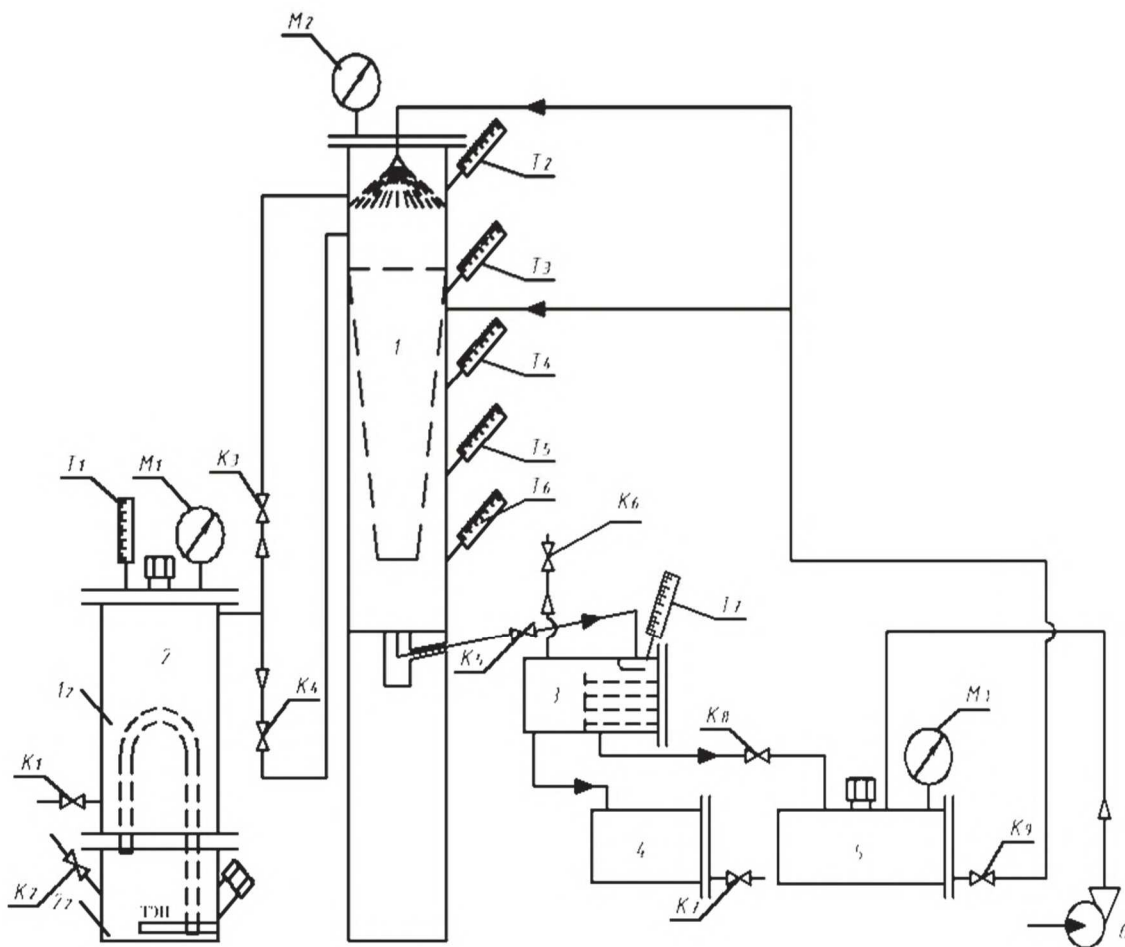


Рисунок 1 – Схема экспериментальной вихревой установки
 1 – контактный аппарат вихревого типа; 2 – греющий аппарат с соответствующими секциями 12 и 22; 3 – сепаратор – отстойник;
 4 – емкость; 5 – емкость; 6 – насос электрический

Также в систему включены следующие приборы: мановакуумметры (М1, М3) марки ОБМВ1 – 100 (диапазон показаний: от –1 до 5 кгс/см², класс точности: 2,5) для измерения избыточного давления в греющем аппарате 2 и насосной станции; манометр (М2) марки МТП – 100 (диапазон показаний: от 0 до 2,5 МПа, класс точности: 2,5) для измерения избыточного давления в контактном аппарате 1; термометры технические жидкостные ТТЖ-К (исп.1, диапазон измерения 0...200 °С, цена деления шкалы 2 °С) в количестве 7 штук: 1 – в греющем аппарате, 5 – в контактном теплообменнике, 1 – в сепараторе-отстойнике.

Основным аппаратом экспериментальной установки является вихревой контактный конденсатор вихревого типа. Его основные конструктивные части приведены ниже (табл. 1, 2). Внутренние насадки основного аппарата описаны в патентах [1, 2].

Таблица 1 – Конструктивные параметры вихревого аппарата

Параметр, размерность	Обознач.	Величина
Высота аппарата, мм	$H_{\text{общ}}$	410
Диаметр аппарата, мм	D	145
Площадь сечения аппарата, м^2	$S_{\text{ап.}}$	0,065
Высота расположения термометра Т2, мм	l_1	45
Высота расположения термометра Т3, мм	l_2	178
Высота расположения термометра Т4, мм	l_3	250
Высота расположения термометра Т5, мм	l_4	320
Высота расположения термометра Т6, мм	l_5	370
Угол расположения термокарманов к вертикали, град	α	30-45°
Расстояние от крышки аппарата до центра штуцера ввода пара №1, мм	h_1	70
Расстояние от крышки аппарата до центра штуцера ввода пара №2, мм	h_2	100
Расстояние от крышки аппарата до места крепления насадок, мм	h_3	80
Расстояние от крышки аппарата до центра штуцера ввода охлаждающей жидкости, мм	h_4	210

Таблица 2 – Таблица штуцеров основного аппарата

№ п/п	Наименование	Условный проход штуцеров D_u , мм	Площадь внутренней поверхности штуцеров $S_{\text{ш}}$, м^2	Назначение
1.	Штуцер №1	18	0,00101	Тангенциальный ввода пара
2.	Штуцер №2	18	0,00101	
3.	Штуцер №3	4	0,00005	Выход конденсата
4.	Штуцер №4	6	0,00011	Ввод охлаждающей жидкости в спиральную насадку
5.	Штуцер №5	8	0,00020	Ввод охлаждающей жидкости в центробежноструйную форсунку при использовании конусной насадки

Сепаратор – отстойник с насадкой и успокоителем (табл. 3, табл. 4). Успокоитель представляет собой пластину с четырьмя отверстиями диаметром 4 мм. Необходимого для сглаживания потока жидкости выходящей из вихревого аппарата. Насадка представляет собой – уложенные по порядку листы с отверстиями 5мм в количестве 610шт. Водяной конденсат по кольцевой через насосную станцию возвращается в систему охлаждения.

Таблица 3 – Конструктивные параметры вихревого аппарата

Параметр, размерность	Обознач.	Величина
Длина аппарата, мм	$L_{\text{общ}}$	280
Диаметр аппарата, мм	D	155
Площадь сечения аппарата, м^2	$S_{\text{ап.}}$	0,075
Расстояние от крышки аппарата до центра штуцера ввода конденсата пара №6, мм	l_1	60
Расстояние от крышки аппарата до штуцера №7, мм	l_2	240
Расстояние от крышки аппарата до центра штуцера №8 выход конденсата в аппарат 4, мм	l_3	240
Расстояние от крышки аппарата до центра штуцера №9 выход конденсата в аппарат 5, мм	l_4	15
Расстояние от крышки аппарата до перегородки разделения водяного конденсата и конденсата углеводородов, мм	l_5	190
Высота перегородки разделения водяного конденсата и конденсата углеводородов, мм	h_1	130

Таблица 4 – Таблица штуцеров сепаратора - отстойника

№ п/п	Наименование	Условный проход штуцеров D_y , мм	Площадь внутренней поверхности штуцеров $S_{\text{ш}}$, м^2	Назначение
1.	Штуцер №6	4	0,00005	Вход конденсата
2.	Штуцер №7	4	0,00005	Дыхание сепаратора
3.	Штуцер №8	4	0,00005	Выход конденсата в аппарат 4
4.	Штуцер №9	4	0,00005	Выход конденсата в аппарат 5

Емкость 4 для сбора конденсата, в случае экспериментов с углеводородными парами для сбора углеводородного конденсата. Емкость 5 для сбора водяного конденсата и возвращения его в систему охлаждения. Электрический насос 6 необходим для создания давления в системе охлаждения.

Основные результаты проведенных экспериментов по конденсации в контактном тепло- и массообменном аппарате вихревого типа описаны в литературных источниках [3, 4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент RU 2502929 C1 МПК F28B 3/00. Тепломассообменное устройство вихревого типа. Москалев Л.Н., Поникаров С.И., Поникаров И.И., Алексеев В.В., 2013.

2. Патент RU 124778 U1 МПК F28B 3/08. Тепломассообменное устройство вихревого типа. Москалев Л.Н., Поникаров С.И., Поникаров И.И., Алексеев В.В., 2012.

3. Москалев Л.Н. Применение контактного конденсатора вихревого типа при поглощении метанола из контактного газа. Москалев Л.Н., Поникаров С.И. Теоретические основы химической технологии. 2016. Т. 50. № 2. С. 200.

4. Moskalev L.N. Application of a contact vortex condenser to absorb methanol from a contact gas. Moskalev L.N., Ponikarov S.I. Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2016. Т. 50. № 2. С. 194-200.

УДК 541.18.045:66.0

Калишук Д.Г., Авазов М.Н.

(Белорусский государственный технологический университет)

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ГРЕЮЩЕГО ПАРА В ОДНОКОРПУСНОЙ ВЫПАРНОЙ УСТАНОВКЕ С АППАРАТОМ С ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ РАСТВОРА

Для обеспечения эффективной и высокоинтенсивной работы выпарной установки (ВУ) необходимо правильно выбрать режимы ее работы. Одним из важнейших режимных параметров при этом является значение полезной разности температур $\Delta t_{\text{пол}}$, К [1]. Для однокорпусной выпарной установки, в составе которой используется выпарной аппарат с естественной циркуляцией раствора и кипением его в трубах греющей камеры, значение $\Delta t_{\text{пол}}$ рассчитывают:

$$\Delta t_{\text{пол}} = t_D - t_{\text{кд}} - (\Delta' + \Delta'' + \Delta''') \quad (1)$$

где t_D и $t_{\text{кд}}$ – температуры греющего пара и вторичного пара в конденсаторе ВУ; Δ' , Δ'' и Δ''' – физико-химическая, гидростатическая и гидравлическая депрессии соответственно, К.

Для однокорпусной выпарной установки, в составе которой используется выпарной аппарат с естественной циркуляцией раствора и вынесенной зоной кипения величина $\Delta t_{\text{пол}}$ вычисляется:

$$\Delta t_{\text{пол}} = t_D - t_{\text{кд}} - (\Delta' + \Delta''' + 0,5\Delta t_{\text{пер}}) \quad (2)$$

где $\Delta t_{\text{пер}}$ – температура перегрева раствора в греющей камере, К.

Очевидным является то, что температура греющего пара t_D и, соответственно, его давление P_D зависят от величин $\Delta t_{\text{пол}}$, $t_{\text{кд}}$, депрессий, а в аппаратах с вынесенной зоной кипения – и от температуры перегрева. Температура $t_{\text{кд}}$ зависит от давления в конденсаторе ВУ $P_{\text{кд}}$, т.е. от давления, под которым работает данная установка. В большинстве