

ваний к охране окружающей среды позволит существенно снизить нагрузку на экологию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев, Г. М. Техника пылеулавливания и очистка промышленных газов: справ. / Г. М. Алиев. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.
2. Штокман, Е. А. Очистка воздуха от пыли на предприятиях пищевой промышленности / Е. А. Штокман. – М. : Агропромиздат, 1989. – 311 с.

УДК 621.1.016

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕНА И ГИДРОДИНАМИКИ СТРУЙНОГО ЦИРКУЛЯЦИОННОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

Д. Г. Калишук, к. т. н., доцент; Н. П. Саевич, к. т. н.;
Д. И. Чиркун, к. т. н.; А. Э. Левданский, д. т. н., доцент;
Е В. Опимах, аспирант

Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Известно, что теплообмен в теплообменниках смешения протекает более интенсивно, чем в поверхностных. Кроме того, теплообменники смешения менее материалоемки и конструктивно проще. Но они применимы лишь в тех случаях, когда допускается смешение взаимодействующих нагреваемой (охлаждаемой) технологической среды с греющим (охлаждающим) агентом.

Одним из распространенных видов теплообменников смешения являются аппараты для нагревания жидких сред острый паром. Они широко применяются, в том числе в пищевой промышленности и сельском хозяйстве, как для нагрева чистых жидкостей, так и растворов, суспензий и т. д. Наиболее распространены смесительные подогреватели жидких сред барботажного и струйного типов. Струйные теплообменники-подогреватели компактны, легко встраиваются в технологическое оборудование (реакторы, растворители и т. д.) и трубопроводы.

Установка и эксплуатация внутри емкостных или колонных аппаратов струйных теплообменников смешения зачастую нежелательна и даже недопустима из-за динамических воздействий высокоскоростной струи на элементы конструкции, а также из-за негативного влияния кавитационных эффектов.

В таком случае применим вариант использования вынесенного теплообменника смешения. При этом предпочтителен аппарат с подачей струи пара в жидкость. Эжектирование пара высокоскоростной струей жидкости требует установки насоса и дополнительного расхода энергии на его привод.

Однако как в учебной [1], так и в фундаментальной научной литературе [2] и периодических научных изданиях информация по расчетам, конструированию и режимах работы струйных теплообменниках смешения с подачей пара в нагреваемую жидкость отсутствует.

Нами были разработаны модель циркуляционного теплообменника смешения и экспериментальная установка для его исследований, схема которой представлена на рис. Теплообменник представляет собой емкость 4, соединенную циркуляционными трубами 2 и 3 с аппаратом для подвода острого пара 1. Внутри корпуса 1 устанавливалось эжекционно-теплообменное устройство 5. Для контроля текущих значений температуры в различных зонах теплообменника были установлены термометры T1–T3, для определения давления пара – манометры M3 и M4. Весь теплообменник был выполнен из прозрачного материала (органического стекла), что позволяло вести визуальные наблюдения в ходе эксперимента.

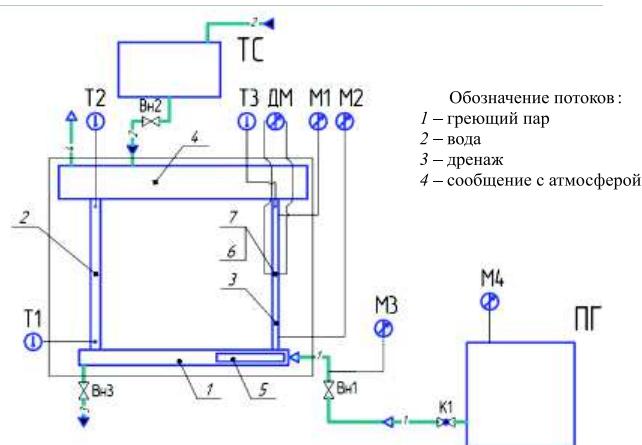


Рис. Схема экспериментальной установки:
 1 – аппарат для подвода острого пара; 2 – горячая труба циркуляционного контура; 3 – холодная труба циркуляционного контура; 4 – емкость; 5 – устройство эжекционно-теплообменное (эжектор); ПГ – парогенератор; ТС – термостат; М1 и М2 – пьезометры; М3 – манометр образцовый; М4 – манометр; Т1 – Т3 – термометры; Вн1 – Вн3 – вентили; К1 – кран

Экспериментальные исследования проводились при двух вариантах исполнения аппарата для подвода острого пара: с соплом в качестве эжекционно-теплообменного устройства и с соплом и эжекционной трубой. При выполнении опытов поддерживалось избыточное давление острого пара на входе в сопло от 15 до 40 кПа. При этом скорость истечения пара из сопла составляла от 20 до 125 м/с. При скорости истечения пара, не превышавшей 50 м/с наблюдалась нестабильная и малоинтенсивная работа теплообменника. В таких случаях пар из сопла зачастую выходил в виде крупных пузырей и их агломератов, которые не успевали сконденсироваться в аппарате для подвода острого пара и в горячей трубе циркуляционного контура. При высоких скоростях истечения пара из сопла образовывался устойчивый, отчетливо видимый паро-жидкостной факел, включавший в свой состав мелкие, диаметром не более 1,5 мм пузырьки пара. За пределами данного факела объемная концентрация пузырьков несконденсированного пара была незначительной, и нагреваемая жидкость не теряла прозрачности. Проскок несконденсированного пара на свободную поверхность жидкости в емкости 4 не наблюдался даже при нагреве воды в ней до температуры 90–94 °С.

В ходе обработки опытных данных выявлено, что объемный коэффициент теплопередачи (в расчете на объем аппарата для подвода острого пара) при скоростях истечения 80–125 м/с составляет 70–130 кВт/(м³×К). Значение коэффициента теплопередачи при этом возрастает с ростом скорости истечения острого пара. Объемная плотность теплового потока в аппарате для подвода острого пара достигала 3,75 МВт/м³. Также выявлено, что установка эжекционной трубы в аппарате подвода острого пара позволяет упорядочить структуру и форму паро-жидкостного факела. При этом наблюдалось уменьшение его длины примерно на 20 %, что, по нашему мнению, свидетельствует об интенсификации конденсации пара.

Скорость циркуляции нагреваемой жидкости, определенная методом трассирования, при избыточном давлении греющего пара на входе в сопло 30–40 кПа составляла от 0,3 до 0,6 м/с, что позволяет сделать вывод о применимости исследованного теплообменника для нагревания жидкости с механическими включениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Луканин, В. Н. Технология: учеб. для вузов / В. Н. Луканин, М. Г. Шатров, Г. М. Камфер и др.: Под ред. В. Н. Луканина – 2-е изд. перераб. – М.: Высш. шк., 2000. – 671 с.

2. Соколов, Е. Я. Струйные аппараты / Е. Я. Соколов, Н. М. Зингер. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.

УДК 621.1.016

МОДЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЕМКОСТНОГО СТРУЙНОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ

Д. Г. Калишук, к. т. н., доцент; Н. П. Саевич, к. т. н.;
Д. И. Чиркун, к. т. н.; А. Э. Левданский, д. т. н., доцент;
Е. В. Опимах, аспирант

Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет» г. Минск, Республика Беларусь

Емкостные теплообменники смешения нашли широкое применение в пищевой промышленности и сельском хозяйстве, как для нагрева чистых жидкостей, так и растворов, суспензий и т. д.

В емкостных теплообменниках смешения используют барботажные и струйные устройства для подвода острого пара. Барботажным устройствам присущи следующие недостатки: неравномерность распределения пара, низкая интенсивность теплообмена, значительный проскок острого пара на свободную поверхность нагреваемой среды. Барботажные устройства не следует использовать для нагревания агрессивных жидкостей из-за их быстрого выхода из строя, вызываемого коррозионным разрастанием малых отверстий для выхода пара. Также нежелательно применение барботеров для нагрева жидких продуктов, содержащих твердые включения, так как усугубляется неравномерность распределения пара, возможны забивка отверстий и возникновение слоя отложений.

Струйные устройства представляются в современных патентах, статьях рекламного характера и проспектах фирм-производителей как перспективные, надежные и эффективные [1, 2]. Однако данные о режимах их работы, методики расчета и конструирования в литературе отсутствуют.

Нами проведены поисковые экспериментальные исследования по определению основных характеристик емкостного теплообменника смешения со струйными устройствами для подвода острого пара. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1.