

строения земной коры юго-западной части Узбекистана». Геология и минеральные ресурсы. 2001. №4. С.42-46.

2. Бабаджанов Т.Л., Мордвинцев О.П. «О перспективах нефтегазоносности доюрских образований». Узбекский журнал нефти и газа. 2002. №1. С.6-8.

3. Мордвинцев О.П. «Особенности строения структурной поверхности фундамента БХНГО по геофизическим данным». Узбекский журнал нефти и газа. 2002. №3. С.9-10.

4. Бабаджанов Т.Л., Кунин Н.Я., Лук-Зильберман В.И. «Строение и нефтегазоносность глубокопогруженных комплексов Средней Азии по геофизическим данным». Ташкент. «Фан». 1986.150с.

УДК 536.24

**Д.Г. Абсаматова¹, Э.Т. Мавлонов¹, А.А. Нурыллаева¹,
В.С. Францкевич², А.М. Эшимов¹**

¹Ташкентский химико-технологический институт
Ташкент, Узбекистан

²Беларусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ ОБТЕКАНИИ ГАЗОЖИДКОСТНЫМ ПОТОКОМ ПАКЕТА ТРУБ С РАЗВИТОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

***Аннотация.** Работа посвящена интенсификации теплопередачи в колонных аппаратах при поперечном обтекании газожидкостным потоком через трубчато-решетчатые насадки с развитой поверхностью. Исследования показывают, что спиральные турбулизаторы и снижение шага навивки улучшают конвективный теплообмен и уменьшают толщину вязкого подслоя, повышая КПД контакта. Экспериментальная установка демонстрирует рост теплопередачи с увеличением скорости потока. Предложена конструктивная замена тарелок трубчато-решетчатой насадкой для повышения эффективности и снижения затрат.*

**D.G. Absamatova¹, E.T. Mavlonov¹, A.A. Nuryllayeva¹,
V.S. Frantskevich², A.M. Eshimov¹**

¹Tashkent Chemical-Technological Institute
Tashkent, Uzbekistan

²Belarusian State Technological University

INTENSIFICATION OF HEAT TRANSFER DURING TRANSVERSE FLOW OF A PACKAGE OF PIPES WITH A DEVELOPED SURFACE BY A GAS-LIQUID FLOW

***Abstract.** The work is devoted to the intensification of heat transfer in column apparatuses during the transverse flow of a gas-liquid stream through tubular-lattice nozzles with a developed surface. Studies show that spiral turbulators and reduced winding pitch improve convective heat transfer and reduce the thickness of the viscous sublayer, increasing the contact efficiency. The experimental setup demonstrates an increase in heat transfer with increasing flow velocity. A constructive replacement of the plates with a tubular-lattice nozzle is proposed to increase efficiency and reduce costs.*

В настоящее время разработка процессов и аппаратов, обеспечивающие экономию энергии и материальных ресурсов остается одной из важнейших задач стоящих перед исследователями, проектировщиками и работниками предприятий химической и др. отраслей.

Одним из основных способов решения вышеназванных задач является интенсификация протекающих тепломассообменных процессов в колонных аппаратах.

Общеизвестно, что на предприятиях химической промышленности наряду с теплообменной аппаратурой, массообменные колонны составляют основную часть всех аппаратов и оборудования, используемые для осуществления технологических процессов. Особенно повсеместно применяют колонные аппараты при организации процессов абсорбции, адсорбции, перегонки, ректификации и экстракции. Массообменным колоннам свойственны конструкции с громадными геометрическими размерами, значительной металлоемкостью и большие расходы по горячему (греющий водяной пар) и холодному (вода) теплоносителям. Энергетические затраты в колонных аппаратах зависят от к.п.д. контактной насадки (или тарелки) [3]. Высокие технические параметры колонных аппаратов достигнуты путем установки в них насадков и тарелок, способствующие увеличению поверхности между контактирующими фазами [1]. Из теории и практики ректификации известно, что чем ниже эффективность контактных устройств, тем больший расход флегмы (флегмовое число) требуется, следовательно, повышается расход греющего агента в кипятильнике колонны и охлаждающем в дефлегматоре. Известны примеры модернизации ректификационных колонн, обеспечивающее снижение расхода

теплоносителей в 2 раза даже при работе с нагрузкой, на 30% превышающей проектную [3].

Одним из редко используемых и не заслуженно забытых насадков в колонных аппаратах является трубчато-решетчатая насадка. Хотя, при отводе теплоты реакции (абсорбции, адсорбции) или подводе теплоты (ректификации) применение подобных насадков дает хороший результат. Кроме того, самыми высокими объектами на любом химическом предприятии являются колонные аппараты.

Поэтому, повышение эффективности процессов, протекающих в колонных аппаратах путем интенсификации конвективного теплообмена приведет к снижению основных параметров колонн: диаметра и высоты колонны [2].

Как правило, трубчато-решетчатая насадка представляется собой устройство из труб в один ряд, которая обеспечивает подачу или съем небольших тепловых потоков. Если учесть, что современные технологии и осуществляющие технологические процессы аппараты имеют очень высокие производительности, то это и объясняет редкое использование общеизвестных трубчато-решетчатых насадков из гладких труб. Для соответствия насадков подобного класса современным требованиям по производительности, компактности и энергетической эффективности необходимо интенсифицировать конвективный теплообмен и массообмен.

Из всех известных методов интенсификации теплообмена наиболее приемлемым является, способ повышения интенсивности теплоотдачи путем организации вращательного движения потока или ликвидация ламинарного вязкого подслоя жидкости у стенки.

Движение потока жидкости вокруг оси канала можно организовать с помощью вставок и завихрителей различной конструкции. Однако, данный метод требует дополнительных затрат на турбулизирующие элементы. Кроме того, при этом возникают трудности в процессе очистки от накипи трубного пространства, т.к. извлечение из труб элементов с накипью становится очень затруднительным. С точки зрения технологичности и эксплуатационных затрат наиболее привлекательным является способ разрушения вязкого подслоя у стенки нанесением макрошероховатости теплообменной поверхности трубы [4].

Отсутствие механизма переноса количества движения и теплоты при контакте газовой и жидкой фаз на трубчато-решетчатых насадках из труб со спиралевидными турбулизаторами диктует проведение дополнительных исследований по конвективному теплообмену [2].

Исследования по изучению теплообмена при течении жидкостей проводились на экспериментальной установке, представляющей собой циркуляционный контур, работающий в условиях постоянства теплового потока. Основными элементами установки являются экспериментальный участок, холодильник, емкости для холодного и горячего теплоносителей, насосы, соединительные трубы с измерительными средствами расхода, температуры и регулирующими вентилями [5].

В качестве экспериментального участка использовались гладкие и трубы со спиралевидными турбулизаторами из меди марки М1. Геометрические параметры рабочего участка: длина $l=2000$ мм, диаметр $d=14 \times 1$ мм, шаг навивки спиралевидных турбулизаторов $s/d_{eb}=5,11-14,2$ (s – расстояние между турбулизаторами, мм; d_{eb} – большой диаметр эллипса, мм) и числа Рейнольдса газовой фазы $Re_f=(0,3-2,8) \cdot 10^4$.

На рис.1 представлены результаты по интенсивности теплопередачи Ki в зависимости от скорости газовой фазы Re_f . Видно, что рост численных значений Re_f способствует повышению переноса тепла для всех значений шага навивки спиралевидных турбулизаторов.

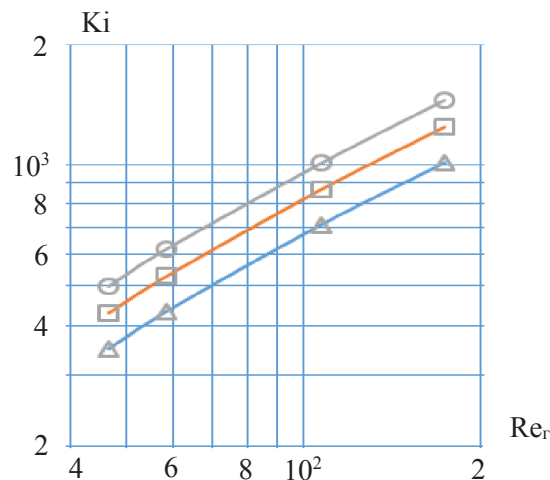


Рис.1- Влияние скорости потока газовой фазы на интенсивность теплопередачи при различных значениях s/d_{eb} .

○- $s/d_{eb}=5,11$; □- $s/d_{eb}=9,32$; △- $s/d_{eb}=14,2$.

Перенос тепла при значении $s/d_{eb}=14,2$ и числе Рейнольдса $Re_f=4643$ величина критерия Кирпичева равна $Ki=35,1$, при $Re_f=10675$ $Ki=70,9$ и при $Re_f=17382$ - соответственно $Ki=101$. Увеличение скорости приблизительно в 4 раза способствует повышению теплопередачи ~3 раза. Аналогичные результаты характерны и для шага навивки турбулизаторов $s/d_{eb}=5,11$ и $s/d_{eb}=9,32$, с разницей в численных значениях.

В условиях одинаковых скоростей газовой фазы интенсивность теплопередачи для $s/d_{eb}=14,2$ равно $Ki=101$, а для $s/d_{eb}=5,11$ - $Ki=145$. Как видно, снижение шага размещения турбулизаторов приводит с увеличению переноса тепла.

Влияние шага навивки спиралевидных турбулизаторов s/d_{eb} на критерий Кирпичева Ki исследовано при двух скоростях потока: $w=1,2$ м/с; $w=1,8$ м/с (табл.1).

Таблица 1.

Параметры	$w=1,2$ м/с			$w=1,8$ м/с		
s/d_{eb}	5,11	9,32	14,2	5,11	9,32	14,2
Ki	145	124	101	192	164	134

Экспериментальными исследования установлено, что с уменьшением шага навивки спиралевидных турбулизаторов s/d_{eb} зафиксирован рост численных значений критерия Ki . Снижение параметра s/d_{eb} с 14,2 до 5,11 позволяет интенсифицировать процесс переноса тепла до 1,5 раз.

Интенсификация конвективной теплопереноса объясняется конструкцией трубы с турбулизаторами потока. При движении потока жидкости как внутри труб, так и снаружи его движение имеет не только поступательную составляющую, но и центробежную, которая способствует утонению толщины ламинарного вязкого подслоя. Её толщина намного меньше, чем у гладкотрубных пакетов.

Под воздействием двух составляющих движение потока жидкости внутри труб выглядит как синусоидальное скольжение по стенке трубы. Движение жидкой фазы по подобной траектории обеспечивает эффективное омывание стенки и способствует значительному снижению неравномерности конвективного теплообмена по периметру теплообменной трубы.

Совершенствование конструкции контактного устройства типа трубчато-решетчатая насадка из труб с развитой теплообменной поверхностью в несколько рядов, вместо гладкотрубных, позволяет получить заданное температурное поле по высоте колонных аппаратов. Данная конструкция не требует больших капитальных вложений, так как только 2-4 тарелки заменяют на трубчато-решетчатую насадку (тарелку) и занимаемое им высота такая же, как у классической тарелки колонных аппаратов.

Список использованных источников

1. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. Под редакцией Айнштейна А.Г.— М.: Логос, 2000.- т.1-2. -1784 с.

2. Светлов Ю.В. Интенсификация гидродинамических и тепловых процессов в аппаратах с турбулизаторами потока. Теория, эксперимент, методы расчета. – М.: Энергоатомиздат, 2003. – 304 с.

3. Лаптев А.Г., Фарахов М.И., Минеев Н.Г. Повышение эффективности ректификационных колонн в производстве этаноламинов // Химическая промышленность. – 2007. – № 7. – С. 354-360.

4. Дзюбенко Б.В., Кузма-Кичта Ю.А., Холпанов Л.П. и др. Интенсификация тепло-и массообмена в энергетических установках. – М.:ФГУП ЦНИИАТОМИНФОРМ, 2003. –с.232.

5. Нуриллаева А.А., Мавланов Э.Т., Нурмухамедов Х.С. и др. Интенсификация конвективного теплообмена в трубчато-решетчатых насадках ректификационных колонн // Химическая технология. Контроль и управления, 2024. - №5 - 6. - С. 62 - 67.

УДК 536.24

**Ж.В. Султонов¹, Т.Э. Ташбаев¹, С.Х. Нурмухамедов¹,
Е.Г. Федарович², Г.Н. Хакимова¹**

¹Ташкентский химико-технологический институт
Ташкент, Узбекистан

²Беларусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

К ВОПРОСУ КОМПАКТИРОВАНИЯ ОКОМКОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ НИЗКИХ УГЛОВЫХ СКОРОСТЯХ РАБОЧЕГО ВАЛА ТУРБОЛОПАСТНОГО ГРАНУЛЯТОРА

***Аннотация.** Статья рассматривает компактирование окомковатых материалов на турболопастном грануляторе при низких угловых скоростях вала. Раскрываются экологические и технологические аспекты утилизации твердых отходов фосфогипса и гранулирования минералов для повышения качества гранул. Представлена экспериментальная установка и методика: градация частиц, скорость вала, высота зон измельчения и грануляции, связь параметров грануляции с прочностью гранул. Сформулирован вывод влияния геометрии на устойчивость гранул и экологическую нагрузку.*

**Zh.V. Sultonov¹, T.E. Tashbayev¹, S.Kh. Nurmukhamedov¹,
E.G. Fedarovich², G.N. Khakimova¹**

¹Tashkent Chemical-Technological Institute
Tashkent, Uzbekistan

²Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus