

# **АБСОРБЕРЫ ОЧИСТКИ И ОСУШКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА С МАСООБМЕННО-СЕПАРАЦИОННЫМИ КОНТАКТНЫМИ СТУПЕНЯМИ**

Артюхов А.Е.

*Сумский государственный университет,  
Сумы, Украина, E-mail [artemijar@yandex.ru](mailto:artemijar@yandex.ru)*

## **ABSORBERS OF NATURAL GAS CLEANING AND DEHYDRATION WITH MASS-TRANSFER AND SEPARATION CONTACT STAGES**

Artyukhov A.E.

*Sumy State University,  
Sumy, Ukraine, E-mail [artemijar@yandex.ru](mailto:artemijar@yandex.ru)*

According the literary review of contact devices with mass-transfer separation elements designs the improvement directions of hydrodynamic conditions of streams moving within the contact device were defined. The basic directions of a mass-transfer separation elements design advancing are presented. The new construction of the contact device for absorption columns is offered.

В процессе проектирования колонных массообменных аппаратов для абсорбционной очистки и осушки природного газа с контактными ступенями в виде тарелок важным вопросом является сокращение брызгоуноса на контактных ступенях. От величины брызгоуноса зависит эффективность проведения массообменных процессов в пределах колонного аппарата и его высота. Анализ работы ситчатых, колпачковых, клапанных и вихревых контактных устройств определил самое низкое значение брызговинесення при использовании вихревых контактных устройств [1-4]. Наличие в таких контактных устройствах узла завихрения газового потока позволяет изменять параметры крутки, а также существенно влиять на гидравлическое сопротивление контактного устройства и величину брызгоуноса жидкой фазы из контактной ступени.

Рост интереса к использованию вихревых и высокотурбулизованных потоков в тепломассообменной технике химических и нефтеперерабатывающих производств связан с возможностью осуществления процессов с большей интенсивностью при уменьшении габаритных размеров и объёмов рабочего пространства аппаратуры [5,6].

На брызгоунос жидкости из вихревых контактных устройств существенно влияют конструктивные параметры, такие как высота контактного патрубка, форма контактного патрубка, расстояние между вихревым контактным устройством и вышележащей тарелкой, тип сепаратора на контактном патрубке, тип завихрителя. Существенное влияние оказывают также режимные

параметры, такие как расход газа и расход жидкости, физико-химические свойства газа и жидкости, направление потоков [7].

Усовершенствование конструкции вихревых контактных ступеней путем улучшения гидродинамических, конструктивных и технологических условий проведения процесса контакта между сплошной и дисперсной фазами, поиск новых способов организации движения вихревых и высокотурбулизованных потоков в оборудовании с развитой гидродинамикой является актуальной и перспективной задачей [8].

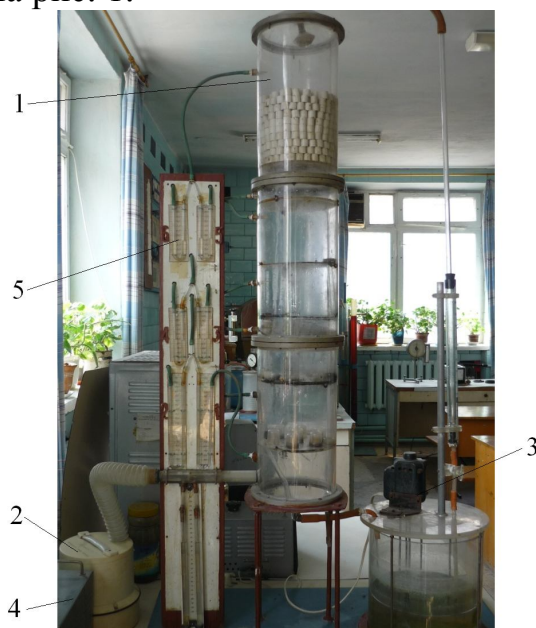
Целью работы является создание конструкции вихревого контактного устройства с уменьшенным значением брызгоуноса и улучшенной гидродинамикой движения потоков.

Объект исследования - вихревые массообменно-сепарационные контактные ступени с прямоточно-центробежными элементами.

Предмет исследования - гидродинамика движения потоков в пределах массообменно-сепарационных контактных ступеней с прямоточно-центробежными элементами и характер взаимодействия потоков между контактными ступенями.

Методы исследования - компьютерное моделирование гидродинамики потоков в пределах контактной ступени, экспериментальные исследования влияния конструктивных и технологических параметров процесса на гидродинамику контактных ступеней.

Для проведения экспериментов с целью исследования гидродинамических режимов проведения процесса процессов очистки и осушки природного газа в колонне с вихревыми массообменно-сепарационными элементами спроектирована и изготовлена экспериментальная установка колонного аппарата с массообменно-сепарационной ступенью прямоточно-центробежного типа. Фото, модель и принципиальная схема установки представлены на рис. 1.



а)

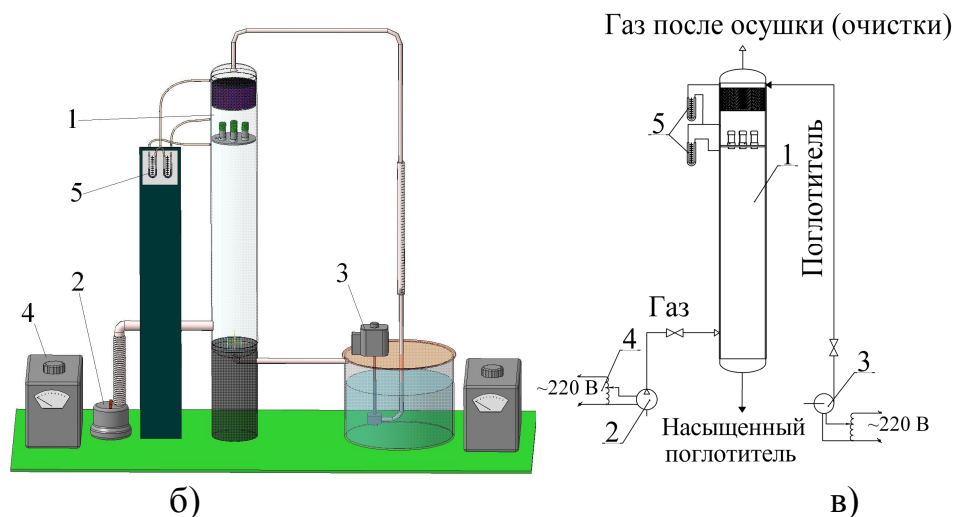


Рис.1 – Экспериментальная установка колонного абсорбера с прямоточно-центробежными массообменно-сепарационными контактными ступенями:

а – фото установки; б – модель установки; в) принципиальная схема установки;

1 - колонный аппарат с массообменно-сепарационной контактной ступенью; 2 – газодувка; 3 – насос; 4 – электротрансформатор; 5 – дифманометры

С помощью газодувки 2 модели ВД-2 воздуха окружающей среды подается в нижнюю часть колонного аппарата 1. В верхнюю часть колонны 1 подается поглотитель из резервуара с помощью погруженного в резервуар с поглотителем насоса 3 модели МШ-4 с электродвигателем. Расход газа и поглотителя регулируются с помощью электротрансформатора 4. Расход газа определяется по показаниям дифманометра 5, а расход поглотителя – по показаниям ротаметра. Поток газа поднимается снизу вверх по колонне и контактирует с потоком поглотителя на тарелках с массообменно-сепарационными элементами прямоточно-центробежного типа (рис. 2). Разработанная экспериментальная установка позволяет проводить ряд исследований по изучению гидродинамики контактных прямоточно-центробежных элементов и гидродинамических режимов проведения процесса массообмена в абсорбере.

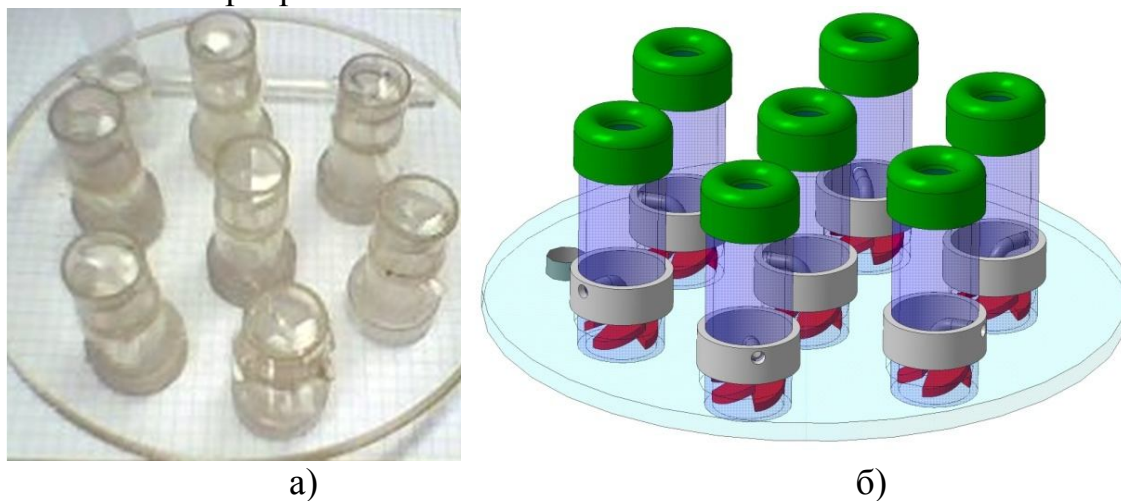


Рис.2 – Контактная массообменно-сепарационная ступень с прямоточно-центробежными элементами:

а) фото экспериментального образца; б) модель экспериментального образца

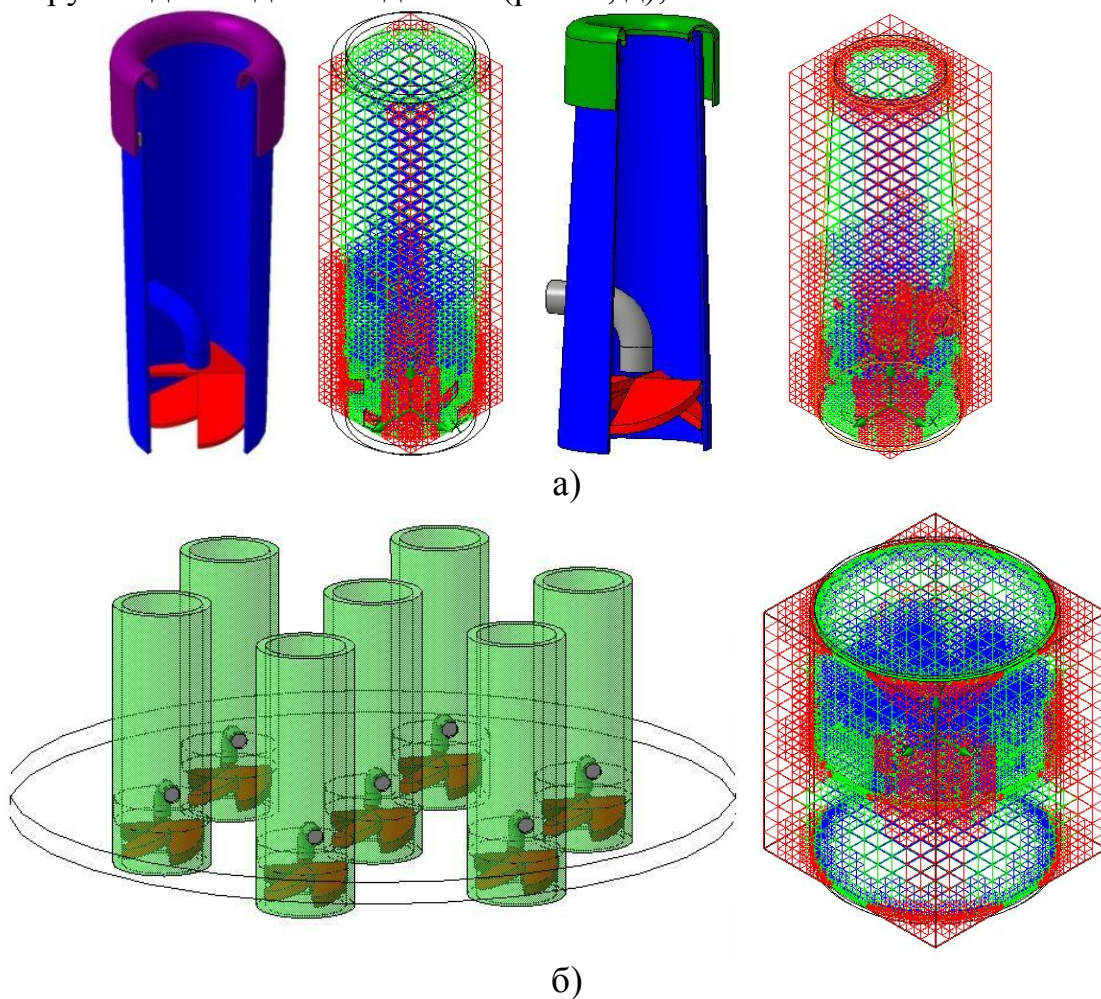


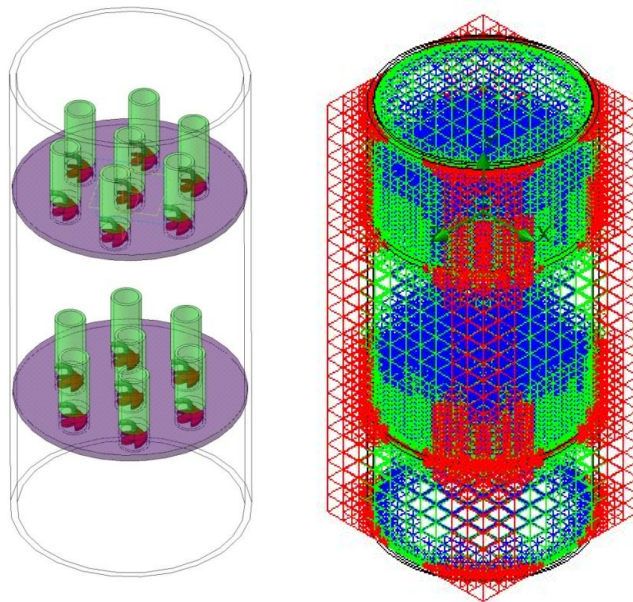
Для определения характерных гидродинамических режимов работы изучаемых контактных ступеней в зависимости от конструктивных особенностей самого элемента (конструкции завихрителя, плёнкосъёмника, трубки для подачи жидкости) проведено компьютерное моделирование, включающее создание трёхмерных моделей и прямоугольной локальной сетки для прямоточно-центробежного элемента с патрубками различной формы (рис. 3, а), контактной ступени (рис. 3, б) и двух соседних контактных ступеней (рис. 3, в).

Совместный анализ результатов экспериментальных исследований и компьютерного моделирования [9-11] позволил сделать такие выводы относительно усовершенствования основных конструктивных параметров контактного устройства и предложить новую конструкцию контактной ступени [12] (рис. 4, б, г):

- оптимальной конструкцией прямоточно-центробежного элемента следует считать цилиндрический патрубок, в нижней части которого располагается завихритель, состоящий из четырех завихрительных элементов, размещенных под углом  $30^\circ$  к горизонтальной плоскости;

- от внешней части патрубка плёнкосъёмник продолжается к полотну контактной ступени, в которой в зазоре между патрубком и плёнкосъёмником выполняются четыре сегментных отверстия для слива жидкости с углом раскрытия  $40^\circ$  (рис. 4, е); жидкость в патрубок подается из четырех сторон с помощью трубки для подачи жидкости (рис 4., д);



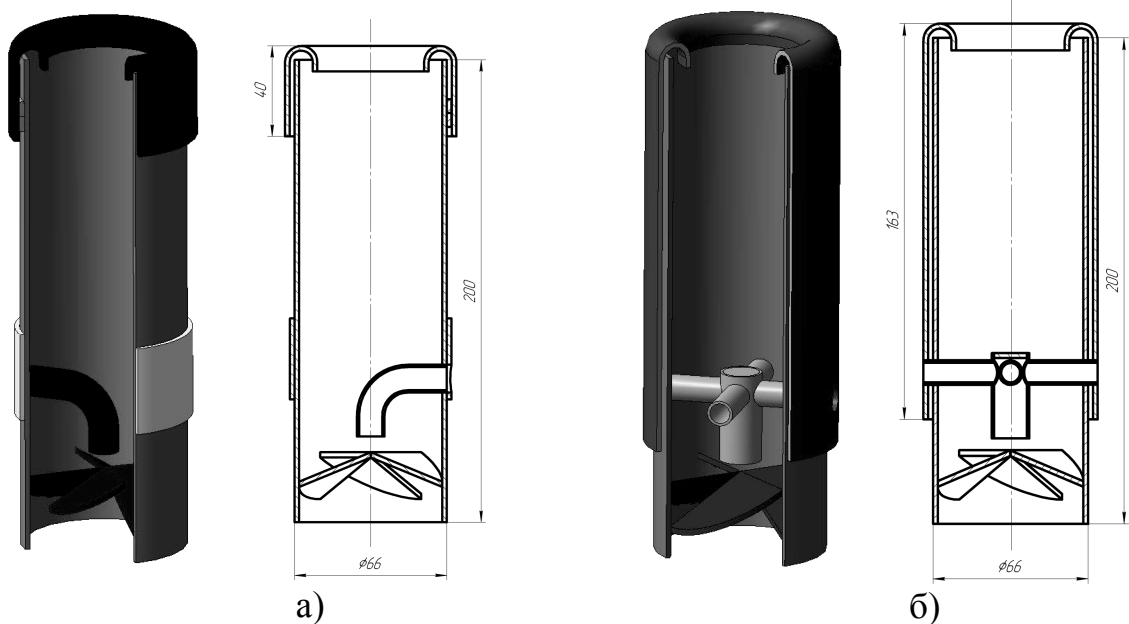


в)

Рис. 3 – Трёхмерные модели и прямоугольные локальные сетки для изучаемых объектов:

- а) прямоточно-центробежный элемент с патрубками различной формы;  
 б) контактная ступень; в) две соседние контактные ступени

- высота прямоточно-центробежного элемента базируется на балансе трёх сил, что действующих на газожидкостный поток: силы трения  $F_m$ , силы притяжения  $G$  и аэродинамической силы  $F_a$  (рис. 4, в). Если сумма сил притяжения и трения больше аэродинамической силы, то в контактной трубке создается гидродинамическая ситуация, при которой процесс разделения газожидкостной смеси является затруднительным, эффективность такого режима минимальна. Если же сумма сил притяжения и трения будет меньше аэродинамической силы, то будет наблюдаться значительный брызгоунос.



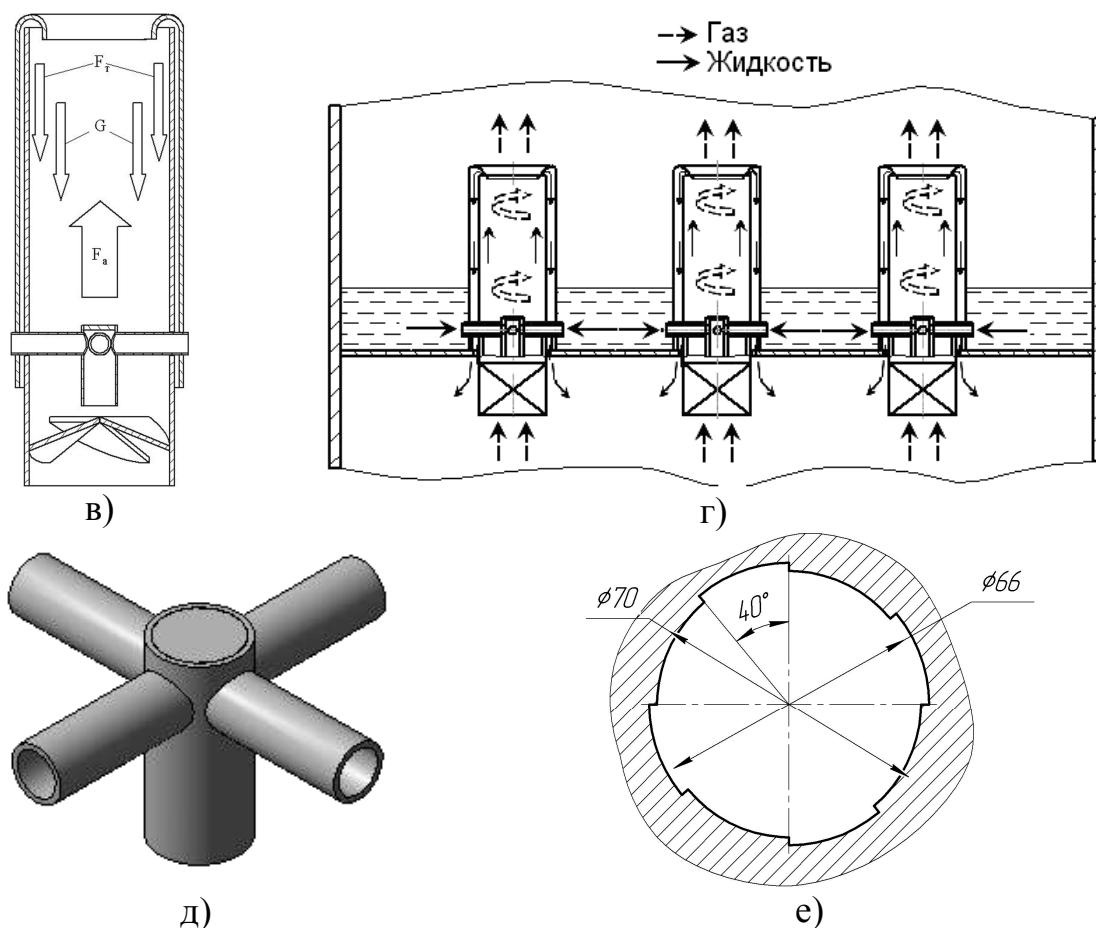


Рис. 4 – Конструктивные особенности изучаемой контактной ступени:  
 а) существующая конструкция прямоточно-центробежного элемента;  
 б) усовершенствованная конструкция прямоточно-центробежного элемента;  
 в) план сил, действующих на газожидкостный поток;  
 г) движение потоков в пределах контактной ступени; д) узел подвода жидкости к прямоточно-центробежному элементу; е) узел отвода жидкости из прямоточно-центробежного элемента

Устройство работает таким образом. Газовый поток двигается снизу вверх колонны и поступает к каждому из прямоточно-центробежных элементов контактного устройства. При прохождении устройства для завихрения газовый поток раскручивается и за счёт разрежения, возникающего в центральной части закрученного потока, из полотна тарелки через устройство для подвода жидкости происходит всасывание жидкости в патрубков прямоточно-центробежного элемента. Газ диспергирует и турбулизирует жидкость, струи жидкости перемешиваются с закрученным газом и поднимаются вверх, вращаясь на стенках патрубка контактного элемента. Толщина вращающегося слоя жидкости зависит от совокупности гидродинамических и конструктивных параметров вихревого контактного устройства. Активное обновление поверхности происходит как в результате интенсивного перемешивания слоя жидкости по толщине, так и в результате непрерывной бомбардировки оторвавшихся капель жидкости о поверхность вращающегося жидкостного слоя. При поступлении к верхнему сечению прямоточно-центробежного элемента газ отделяется от жидкости и выходит через центральное отверстие патрубка, а жидкость отбрасывается к стенкам патрубка и, поднимаясь вверх, выходит из патрубка через устройство для отвода жидкости в полотно тарелки в зазор между цилиндрическим патрубком и плёнкоёмником.

Основными преимуществами предложенной конструкции массообменно-сепарационной тарелки с прямоточно-центробежными элементами являются:

- выравнивание значения средней движущей силы по рядам прямоточно-центробежных элементов на полотне тарелки за счет создания противоточного движения сплошной и дисперсной фаз и направленного отвода жидкости на расположенную ниже тарелку;

- уменьшение брызгоуноса с контактной ступени за счет равномерного поступления жидкости в прямоточно-центробежный элемент, распределения жидкости за счет действия центробежных сил и усовершенствованной конструкции плёнкосъёмника;

- увеличение поверхности массообмена за счет заполнения приемной и переливной секций контактными элементами в результате изменения характера движения сплошной и дисперсной фаз в пределах колонного аппарата;

- уменьшение высоты слоя жидкости на полотне за счет того, что процесс массообмена проходит не на полотне тарелки, а непосредственно в пределах прямоточно-центробежного контактного элемента;

- уменьшение гидравлического сопротивления контактной ступени в результате уменьшения составляющей сопротивления, которая обусловлена высотой слоя жидкости на тарелке.

Отмеченные преимущества предложенных массообменно-сепарационных контактных ступеней с прямоточно-центробежными элементами позволяют снизить расходы на изготовление и эксплуатацию колонного оборудования, а также его материалоемкость за счет:

- упрощения конструкции тарелки в результате отсутствия узлов приема, распределения и отвода жидкости;

- уменьшение расстояния между тарелками благодаря отсутствию пенного слоя на полотне тарелки, механизмам сепарации в пределах прямоточно-центробежных элементов и уменьшенной высоты слоя жидкости на тарелке, что позволяет достичь минимального значения брызгоуноса;

- уменьшение количества тарелок в колонне благодаря увеличению поверхности контакта фаз, повышению относительной скорости движения сплошной фазы;

- уменьшение шага между прямоточно-центробежными элементами и возможность уменьшения диаметра тарелки по сравнению с тарелками другого типа при равных значениях производительности по газовой и жидкой фазам.

#### Список литературы

1. Купавых А.Б. Технология осушки газа с применением вихревых аппаратов / В сб.: XVIII творческая конференция, III научно-техническая выставка молодых ученых и специалистов – Уфа: АНК «Башнефть» – 1999. – С. 19.
2. Петров В.И. Разработка и исследование вихревых контактных устройств с активным теплообменом в зоне контакта фаз / В.И. Петров, А.С. Балыбердин, И.А. Махоткин / Вестник Казанского технологического университета – Казань. – 2006. – №6. – С. 52–56.
3. Балыбердин А. С. Минимизация межтарельчатого уноса жидкой фазы для сдания промышленных многоступенчатых абсорберов / В.И. Петров,



- А.С. Балыбердин, И.А. Махоткин, А.В. Петров // Вестник Казанского технологического университета. – 2006 – №6 – с. 109-113.
4. Войнов Н.А. Вихревые контактные ступени для ректификации / Н.А. Войнов, Н.А. Николаев, А.В. Кустод, А.Н. Николаев, Д.В. Тароватый / Химия растительного сырья. – 2008. – № 3. – С.173–184.
5. Щукин В.К. Теплообмен, массообмен и гидродинамика закрученных потоков в осесимметричных каналах / В.К. Щукин, А.А. Халатов. – М.: Машиностроение, 1982. – 200 с.
6. Халатов А.А. Теория и практика закрученных потоков / Халатов А.А. – К.: Наукова думка, 1989. – 192 с.
7. Коробченко К.В. Подбор оптимальных конструкций массообменных и сепарационных элементов для секций многофункционального абсорбера / К.В. Коробченко, А.Е. Артюхов, А.А. Ляпощенко // «Современные технологии в промышленном производстве»: Материалы Всеукраинской межвузовской научно-технической конференции. – 2010. – С. 147.
8. Коробченко К.В. Гидродинамика аппаратов с вихревыми и высокотурбулизированными потоками / К.В. Коробченко, А.Е. Артюхов, А.А. Ляпощенко, В.И. Склабинский / Наукові праці ОНАПТ. – 2010. – Выпуск 37. – С. 310–315.
9. Коробченко К.В. Исследование технологических и конструктивных параметров работы многофункциональных абсорберов / К.В. Коробченко, А.А. Ляпощенко, А.Е. Артюхов // Химия и химические технологии: Материалы I международной конференции молодых ученых ССТ 2010. – 2010. – С. 96-97.
10. Смилянская О.Ю. Совершенствование конструкции контактных устройств с массообменно-сепарационными элементами / А.Е. Артюхов, О.Ю. Смилянская, Я.Э. Михайловский / Материалы научно-технической конференции преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов факультета технических систем и энергоэффективных технологий «Современные технологии в промышленном производстве». – 2011. – Ч. I. – С. 103.
11. Артюхов А.Е. Компьютерное моделирование гидродинамики движения потоков в массообменно-сепарационных контактных секциях / А.Е. Артюхов // Тезисы докладов XIX международной научно-практической конференции «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье». – 2011. – С. 5.
12. Патент № 60115, Украина МПК В01D3/26. Контактная тарелка / Склабинский В.И., Ляпощенко А.А., Коробченко К.В., Острога Р.А. – № u201014061; заявлено 25.11.2010, опубликовано 10.06.2011, Бюл. № 11, 2011 г.

Артюхов, А.Е. Абсорберы очистки и осушки природного газа с массообменно-сепарационными контактными ступенями [Текст] / А.Е. Артюхов // IV Международный интернет-симпозиум по сорбции и экстракции: материалы симпозиума (15 апреля-1 ноября 2011 г.). - Владивосток: Дальнаука, 2011. - С. 4-11.