

5-10-2019

PURIFICATION OF GASEOUS EMISSIONS FROM CARBON DIOXIDE

Khoshim Shayimovich Bakhronov
Navoi State Mining Institute

Abdumalik Abduvakhobovich Akhmatov
Navoi State Mining Institute

Sabohat Uktamovna Ganiyeva
Navoi State Mining Institute

Khilola Khakimovna Suyarova
Navoi State Pedagogical Institute

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/namdu>



Part of the [Education Commons](#)

Recommended Citation

Bakhronov, Khoshim Shayimovich; Akhmatov, Abdumalik Abduvakhobovich; Ganiyeva, Sabohat Uktamovna; and Suyarova, Khilola Khakimovna (2019) "PURIFICATION OF GASEOUS EMISSIONS FROM CARBON DIOXIDE," *Scientific Bulletin of Namangan State University*. Vol. 1 : Iss. 5 , Article 5. Available at: <https://uzjournals.edu.uz/namdu/vol1/iss5/5>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific Bulletin of Namangan State University by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

PURIFICATION OF GASEOUS EMISSIONS FROM CARBON DIOXIDE

Cover Page Footnote

???????

Erratum

???????

ОЧИСТКА ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ОТ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА

Бахронов Хошим Шайимович¹ доктор технических наук, профессор

Ахматов Абдумалик Абдувахобович¹ ассистент кафедры

“Автоматизация и управление”

Ганиева Сабохат Уктамовна¹ инженер центра информационных технологий

Суярова Хилола Хакимовна² старший преподаватель кафедры “Методика

преподавания химии и экологии”

¹Навоийский государственный горный институт, ²Навоийский государственный

педагогический институт

Аннотация: Приведены описание опытной установки и результаты исследования интенсивности тепломассообмена и гидравлического сопротивления при различных начальных концентрациях поглощаемого газа и отношениях расхода жидкого поглотителя к расходу газовой смеси. Установлено, что использование воды в качестве поглотителя диоксида углерода не обеспечивает необходимую эффективность процесса. При поглощении диоксида углерода из воздуха водным раствором моноэтаноламина в полом вихревом аппарате с увеличением концентрации в газо-воздушной смеси на входе в аппарат эффективность аппарата существенно снижается и возрастает с увеличением отношения массовых расходов жидкой и газовой фаз. Отмечается, что вихревые аппараты эффективнее в 3-5 раза по сравнению с насадочными, в 2-3 раза по сравнению с тарельчатыми аппаратами.

Ключевые слова: газоочистка, вихревой скруббер, параметры завихрителя, эффективность, перепад давления, поглотитель, массоперенос, вода, моноэтаноламин, диоксид углерода, концентрация, отношение расходов фаз, насадочные и тарельчатые аппараты.

GAZ CHIQINDILARINI KARBONAT ANGIDRIDDAN TOZALASH

Baxronov Xoshim Shayimovich¹ texnika fanlari doktori, professor

Axmatov Abdumalik Abduvaxobovich¹ “Avtomatlashtirish va boshqaruv”

kafedrasi assitenti

Ganiyeva Saboxat Uktamovna¹ Axborot nexnologiyalari markazi muhandisi

Suyarova Xilola Xakimovna² “Kimyo va ekologiya fanlarini o’qitish metodikasi” kafedrasi

kata o’qituvchi

¹Navoiy Davlat konchilik institute, ²Navoiy Davlat pedagogika instituti

Annotatsiya: Tajriba qurilmasining yozuvi va yutiladigan gazning turli boshlang`ich kontsentratsiyalari va suyuq yutuvchi sarfininig gaz aralashmasi sarfiga nisbatlaridagi issiqlik-massa almashinish jadalligi va gidravlik qarshiliklar tadqiqotlari natijalari keltirilgan. Suvdan karbonat angidridini yutuvchi sifatida foydalanish jarayonning zarur samaradorligini ta`minlay olmasligi aniqlangan. Ichi bo`sh uyurmali apparatda havodagi karbon dioksidini

monoetanolaminning suvli eritmasiga yuttirishda gaz-havo aralashmasi tarkibidagi CO₂ ning apparatga kirishdagi kontsentratsiyasi oshishi bilan apparatning samaradorligi ancha kamayadi va suyuq va gaz fazalarning massa sarflarining nisbati oshishi bilan o'sadi. Uyurmali apparatlar nasadkali apparatlarga nisbatan 3-5, tarekkali apparatlarga nisbatan 2-3 marta samaraliroq ekanligi qayd etilgan.

Tayanch so'zlar: gazlarni tozalach, uyurmali skrubber, fylantirgichning parametrlari, samaradorlik, bosimning yo'qotilishi, yutuvchi, massa almashinish, suv, monoetanolamin, karbon dioksidi, kontsentratsiya, fazalar sarflari nisbati, nasadkali va tarekkali apparatlar.

PURIFICATION OF GASEOUS EMISSIONS FROM CARBON DIOXIDE

Bakhronov Khoshim Shayimovich¹ doctor of technical sciences, professor
Akhmatov Abdumalik Abduvakhobovich¹ Assistant of the Department
"Automation and Control"

Ganiyeva Sabohat Uktamovna¹ Information Technology Center Engineer
Suyarova Khilola Khakimovna² Senior Lecturer, Department of "Methods of teaching
chemistry and ecology"

¹Navoi State Mining Institute, ²Navoi State Pedagogical Institute

Abstract: The description of a pilot plant and results of a research of intensity of a heat mass transfer are provided and hydraulic resistance at various initial concentration of the absorbed gas and relations of an expense of the liquid absorber to a consumption of gas mixture. It is established that use of water as the absorber of carbon dioxide doesn't provide necessary effectiveness of process. At absorption of carbon dioxide from an air with an aqueous solution of monoethanol amine in the hollow vortex device, with increase in concentration of CO₂ (carbon dioxide) in steam-and-gas mixture on an entrance to the device the effectiveness of the device significantly decreases and increases with the gain in the relation of mass flows of liquid and gas phases. It is noted that vortex devices are 3-5 times more effective in comparison with nozzle ones, by 2-3 times more in comparison with dish-shaped devices.

Keywords: gas purification, vortex scrubber, parameters of a vortex generator, effectiveness, pressure drop, absorber, mass transfer, water, monoethanol amine, carbon dioxide, concentration, relation of phase expenses, nozzle and dish-shaped devices.

Введение. Проблема интенсификации процессов тепломассообмена и химических превращений в двух и трехфазных средах является чрезвычайно актуальной для многих технологий. Способы решения рассматриваемой проблемы могут быть различными, тем не менее, все они основаны на увеличении интенсивности межфазного взаимодействия за счет увеличения поверхности контакта фаз, повышения скорости относительного движения фаз, турбулизации локальных течений у поверхностей раздела фаз.

Одним из способов интенсификации взаимодействия многофазных систем является осуществление контакта фаз в центробежном поле. За счет вращения в

многофазном слое возникают значительные центробежные силы, что обеспечивает высокую дисперсность и устойчивость многофазной системы, большие удельные поверхности контакта и относительные скорости фаз. Существование развитой, мгновенно обновляющейся поверхности контакта фаз в аппарате с вращающимся газожидкостным слоем делает возможным интенсификацию процессов тепломассопереноса. В вихревом аппарате достигается весьма высокая эффективность очистки - 98-99 % и выше. Аппарат может применяться для очистки газов с температурой до 700°C. В вихревом скруббере не наблюдается износа внутренних стенок аппарата, что связано с особенностями его воздушного режима. Аппарат более компактен, чем другие аппараты для очистки газа. Несмотря на то, что принципы конструирования вихревых аппаратов были сформулированы достаточно давно, они не находили широкого использования по ряду причин. Среди последних можно отметить как недостаточную изученность характеристик их работы и отсутствие научно обоснованных методов расчета, так и незаинтересованность предприятий и ведомств в организации качественной очистки промышленных газовых выбросов. Многие вопросы работы вихревых скрубберов в настоящее время не исследованы. Поэтому исследование процессов в вихревых скрубберах и разработка инженерных методов расчета является актуальной научной и инженерной задачей.

Основным элементом вихревого скруббера является вихревая камера. В вихревом аппарате реализован «мокрый» способ очистки газовых выбросов, который позволяет улавливать частицы с диаметром менее 10 мкм и очистить от вредных газовых примесей. Высокая эффективность вихревого скруббера обеспечивается развитой поверхностью контакта фаз, возникновением относительных скоростей фаз, интенсивным перемешиванием и высокой дисперсностью вращающегося газожидкостного слоя.

Условием эффективной работы аппарата является организация однородного, покрывающего всю внутреннюю поверхность вихревой камеры газожидкостного слоя, исключающего возможность проскока газа без контакта с жидкостью.

Эффективность работы вихревого скруббера, его гидродинамическое сопротивление, каплеунос, степень забивания твердыми осадками зависят от совершенства конструкции и главным образом от устройства завихрителя.

Методы. Для качественной мокрой очистки промышленных пылегазовоздушных выбросов (промышленных газов) от твердых частиц и вредных газовых загрязнений разработан полый вихревой аппарат с простым по конструкции завихрителем [1]. Предлагаемый завихритель позволяет более эффективно закручивать поток текучей среды при небольших значениях гидравлического сопротивления благодаря равномерному и плавному уменьшению сечения и изменению направления движения воздушного потока в двух каналах. В данном завихрителе потока с целью увеличения степени крутки, каналы для прохода среды имеют форму эвольвенты, в которых создается большая угловая скорость потока.

Принцип работы вихревого аппарата заключается в образовании закрученного газожидкостного потока с последующим разделением фаз в поле центробежных сил. Наличие жидкой фазы позволяет осуществить процесс очистки пылегазовоздушных выбросов (промышленного газа) от крупных и мелких (мелкодисперсных) частиц пыли. Поток пылегазовоздушных выбросов поступает в корпус вихревого аппарата через верхний патрубок. Проходя через завихритель газ получает спиральное (вихревое) движение и направляется в нижнюю часть аппарата, откуда отделяется от жидкости и выводится из сепарационной части аппарата через соосный с рабочей камерой аппарата штуцер.

Поток жидкости поступает в аппарат через двух боковых тангенциальных патрубков и тоже вихревым движением направляется вниз по внутренней поверхности стенки аппарата интенсивно взаимодействуя с газом. Вращаясь вместе с газожидкостным потоком, частицы перемещаются на поверхность капель жидкости. Под действием центробежной силы жидкость осаждается на стенке аппарата и стекает по ней в виде плёнки. При этом создаётся дополнительная зона контакта газовой и жидкой фазы. Отработанная жидкость удаляется через боковой патрубок бункера.

Основным достоинством данного аппарата является высокая производительность и эффективность очистки от частиц пыли и вредных газовых загрязнений при низком гидравлическом сопротивлении.

Проведены ряд исследований для интенсификации различных физико-химических процессов с применением современного и высокоэффективного способа взаимодействия фаз в контактных аппаратах, реализуемый за счет различных завихрителей газа [2].

С целью экспериментального исследования тепло- массообменной эффективности вихревого аппарата при закрученном потоке газа, определения оптимальной геометрии завихрителя, собрана экспериментальная установка (рис. 1), которая состоит из вихревого аппарата 1; высоконапорного вентилятора 2; баллона со сжиженным углекислым газом (CO_2) 6; емкости свежего поглотителя 4; емкости отработанного поглотителя 5; центробежного насоса 3; запорно-регулирующих арматур; средств измерения и контроля, приборов измерения концентрации CO_2 в газовой смеси и в жидкой фазе, подключенные к точкам отбора проб. Исследования проводили при значениях технологических параметров, близких к промышленным. В рамках исследований концентрация диоксида углерода в исходной газовой смеси составляла 0...5 % об. Поглощение диоксида углерода осуществлялся водой и водным раствором моноэтаноламина (МЭА) с концентрацией 20 % масс., что соответствует с параметрами такого же раствора, применяемого в производстве аммиака.

Исходная газоздушная смесь формируется на входе в вихревой аппарат путем подачи сжатого воздуха из вентилятора и подачи CO_2 из баллона. Расход CO_2 и газоздушной смеси регулируется вентилями. Для определения расхода газовой

фазы использована стандартная измерительная диафрагма. Концентрация CO_2 в газовой фазе на входе и выходе вихревого аппарата определялась с помощью газоанализатора ИГМ-014-3 в местах отбора проб. Очищенный газовый поток после отделения от жидкости выбрасывается по воздуховоду в атмосферу за пределы помещения установки.

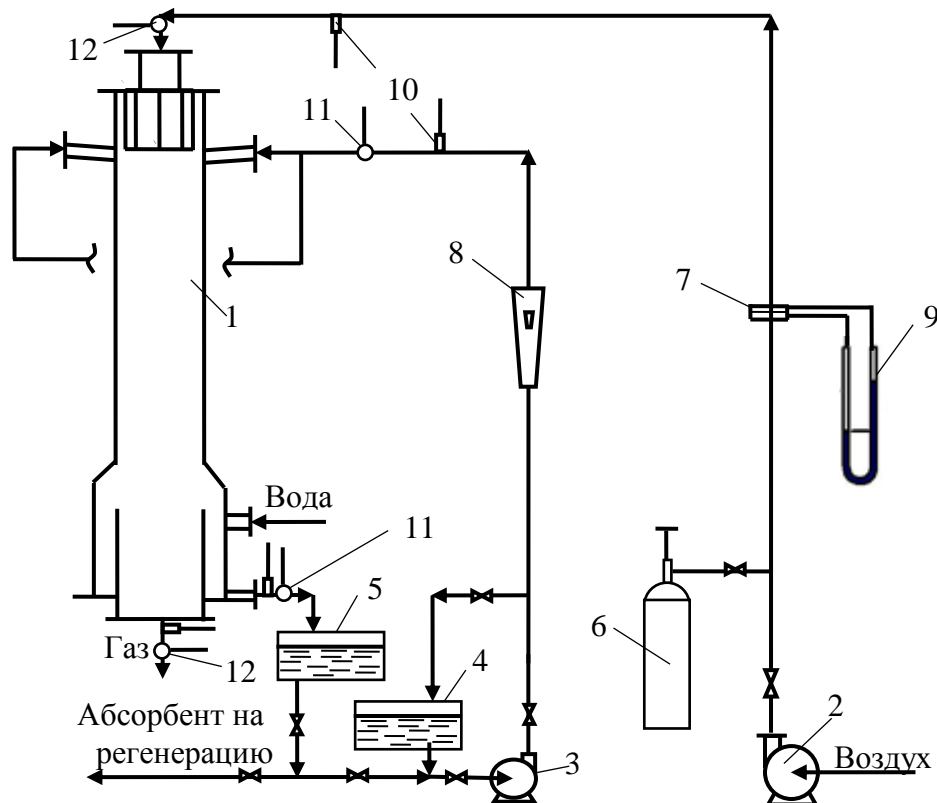


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

1 - вихревой аппарат; 2 - высоконапорный вентилятор; 3 - насос; 4 - емкость свежего поглотителя; 5 - емкость отработанного поглотителя; 6 - баллон с сжиженным CO_2 ; 7 - расходомер газовой фазы; 8 - расходомер поглотителя; 9 - дифференциальный манометр; 10 - термометры; 11 - точки отбора проб поглотителя; 12 - точки отбора проб газовой фазы.

Исходный раствор МЭА готовится в емкости для свежего поглотителя 4. Готовый раствор центробежным насосом 3 подается на вход вихревого аппарата 1. Расход поглотителя измерялся ротаметром 8, регулировался вентилями, установленными на линии подачи жидкости и на линии байпаса насоса. Отработанный реагент собирается в отдельную емкость 5. Контроль за давлением газовой и жидкой фаз осуществлялся манометрами, а перепад давления в аппарате стеклянным дифманометром. В качестве массообменного устройства использовался одноступенчатый вихревой аппарат с прямоточным нисходящим движением фаз. Аппарат

состоит из корпуса, завихрителя, установленного в верхней части корпуса, двух тангенциальных штуцеров подачи поглотителя, расположенных ниже завихрителя, патрубка выхода отработанного поглотителя и патрубка выхода очищенного газа. Завихритель имеет канал эвольвентной формы с уменьшающимся сечением к выходу газа. Отсутствие резкого изменения направления движения потока, обеспечивает интенсивное закручивание потока при небольших значениях гидравлического сопротивления. Величина тангенциальной скорости в аппарате зависит от соотношения общей площади поперечного сечения аппарата и щелей завихрителя. Геометрические параметры завихрителя, такие как: ширина канала, диаметр цилиндрической части, высота ввода газа выбираются в зависимости от диаметра аппарата. Средне расходную скорости газового потока в узком сечении щелей завихрителя повысили до 50 м/с.

При работе аппарата закрученный поток газовой смеси активно взаимодействует со жидкостью на внутренней поверхности стенки корпуса, где и протекает процесс поглощения CO_2 . Вращательное движение газожидкостного потока и возникающее при этом центробежные силы, и относительная скорость фаз обеспечивают высокую интенсивность теплообмена в рабочей камере и качественную сепарацию очищенного газа от пленки поглотителя в нижнем бункере.

Исследования проводились при давлении $0,1 \div 0,17$ МПа и температуре около $20 \div 50$ °С. В экспериментах изменяются начальная концентрация CO_2 в газе, y_n , в пределах $0 \div 5$ % об., соотношения массовых расходов жидкости и газа, поступающих в вихревой аппарат, L_m/G_m , в диапазоне $1 \div 3$, средне расходная скорость газа w_r , в аппарате $10 \div 30$ м/с.

Эффективность поглощения газа в жидкость характеризует завершенность процесса массообмена в аппарате. Количественно она определяется как отношение изменения количества компонента в одной из контактирующих фаз на реальном и теоретическом аппарате. Эффективность массообмена вихревого аппарата выражается по конечному составу фаз в реальном аппарате, который именуется эффективностью Мерффри и в данном случае выражается через концентрации компонента в газовой и жидкой фазе и определяется по следующей зависимости [2, 4]:

$$E_y = (y_n - y_k) / [y_n - y^*(x_n)]; \quad E_x = (x_k - x_n) / [x^*(y_n) - x_n]$$

где y_n - начальная концентрация CO_2 в газе, % об.; y_k - конечная концентрация CO_2 в газе, % об.; $y^*(x_n)$ - равновесная концентрация CO_2 в газе, % об., x_n - начальная концентрация CO_2 в жидкости, % об.; x_k - конечная концентрация CO_2 в жидкости, % об.; $x^*(y_n)$ - равновесная концентрация CO_2 в жидкости, % об.

Результаты. В процессе проведения опытов определялись концентрации диоксида углерода в газовой фазе перед массообменным аппаратом и после него, а также концентрации CO_2 в воде и водном растворе моноэтаноламина до и после

очистки. Определение содержания CO_2 в водных растворах моноэтаноламина выполнялось по стандартной методике и основывалось на выделении CO_2 из раствора при добавлении к нему избытка 50%-ного раствора H_2SO_4 . Первый этап исследований проведен на воде, а последующие на готовом 20 % растворе моноэтаноламина, приобретенного из производства аммиака. Высокий уровень значения концентрации углекислого газа в исходной газовой смеси позволил применить газоанализатор диоксида углерода ИГМ-014-3 для определения содержания CO_2 в воздухе.

Исследования показали, что использование воды для очистки газоздушных выбросов от диоксида углерода не обеспечивает необходимую эффективность процесса. Некоторое повышение эффективности (на 10-15%) путем отвода пленки жидкости, образовавшейся на внутренней стенке аппарата, не решает поставленной задачи.

Результаты экспериментального исследования процесса поглощения диоксида углерода из воздуха водным раствором моноэтаноламина в полом вихревом аппарате приведены на рис. 2 и 3.

На рис. 2 показано влияние на эффективность полого вихревого аппарата начальных концентраций диоксида углерода в газе при степени карбонизации $\alpha=0,15$. Видно, что с увеличением концентрации CO_2 в газо-воздушной смеси на входе в аппарат эффективность аппарата существенно снижается.

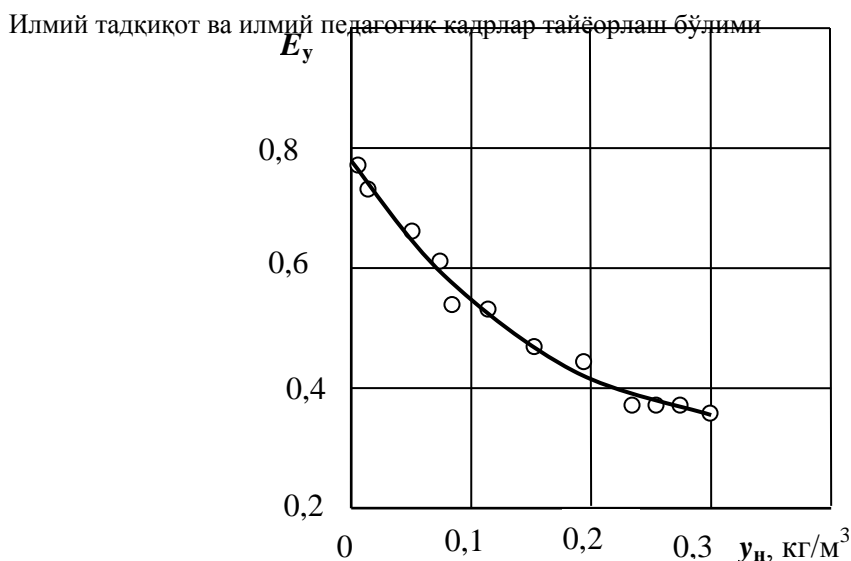


Рис. 2. Зависимость эффективности массопереноса от начальной концентрации CO_2 в газовой фазе.

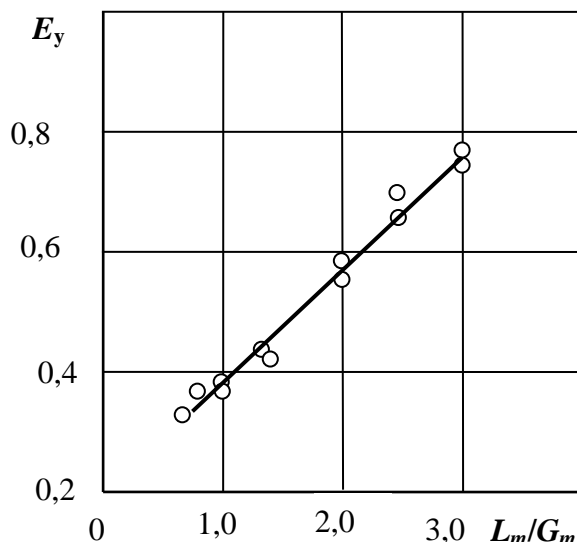


Рис. 3. Зависимость эффективности массопереноса от соотношения нагрузок по фазам.

Результаты исследования представлены на рис. 3 в виде зависимости эффективности массопереноса от соотношения нагрузок по фазам. Видно, что эффективность поглощения CO_2 в полном вихревом аппарате практически линейно возрастает с увеличением отношения массовых расходов жидкой и газовой фаз. Такая картина обусловлена с увеличением средней движущей силы процесса. Отметим, что эти данные получены при скорости газа в каналах завихрителя равной $w=34,2$ м/с, $\alpha=0,15$ и $y_n=0,11-0,13$ кг/м³. С увеличением нагрузки по раствору моноэтаноламина до $L_m/G_m=3$ эффективность массообмена возросла до $E_y=0,748$.

При увеличении отношения массовых расходов L_m/G_m эффективность очистки газа возрастает, однако при значениях $L_m/G_m > 2$ ухудшается сепарация капель из-за снижения крутки газового потока и, как следствие, возможен повышенный унос жидкости. Попытка повысить эффективность очистки газа при водной абсорбции диоксида углерода путем использования несколько последовательно установленных аппаратов оказывается экономически невыгодной.

Увеличение эффективности поглощения диоксида углерода при протекании химической реакции, по сравнению с физической сорбцией, объясняется тем, что в аппарате вихревого типа исключается процесс десорбции из пристенной пленки жидкости. Поглощение пленкой жидкости происходит при большой движущей силе массопереноса.

Проведены сравнения полученных экспериментальных данных по эффективности массообмена с рассчитанными по известным уравнениям [5] для насадочных и тарельчатых абсорберов. Установлено, что вихревые аппараты эффективнее в 3-5 раза по сравнению с насадочными, в 2-3 раза по сравнению с тарельчатыми аппаратами.

Заключения

1. Использование воды в качестве поглотителя диоксида углерода не обеспечивает необходимую эффективность процесса очистки газа.

2. При поглощении диоксида углерода из воздуха водным раствором моноэтаноламина с увеличением концентрации CO_2 в газо-воздушной смеси на входе в аппарат эффективность аппарата существенно снижается.

3. С увеличением отношения массовых расходов жидкой и газовой фаз интенсивность массопереноса возрастает.

4. Сравнением полученных экспериментальных данных по эффективности массообмена с рассчитанными по известным уравнениям для насадочных и тарельчатых абсорберов установлено, что вихревые аппараты эффективнее в 3-5 раза по сравнению с насадочными и в 2-3 раза по сравнению с тарельчатыми аппаратами.

References:

1. Patent na poleznuyu model № FAP 01348. Zavixritel potoka tekuchey sredi / X.Sh. Baxronov, O.V. Tuyboyov. -2018 g.
2. Baxronov X.Sh., Tuyboyov O.V. Razrabotka konstruksii i issledovanie effektivnosti teplomassoobmennix apparatov s zakruchennim potokom / Monografiya - Navoi: izd-vo im. Alishera Navoi, 2017. 199 s.
3. Voynov N.A., Jukova O.P., Lednik S.A., Nikolaev N.A. Massootdacha v gazojidkostnom sloe na vixrevix stupenyax // Teoreticheskie osnovi ximicheskoy texnologii. 2013. T.47, -№ 1. - S. 1-6.
4. Bikov I.Yu. Metodika eksperimentalnix issledovaniy effektivnosti massoobmena kontaktnoy stupeni vixrevogo apparata s tangensialnim zavixritelem // Stroitelstvo neftyanix i gazovix skvajin na sushe i na more, 2012, № 7, -S. 9-11.
5. Ramm V.M. Absorbsiya gazov. -M.: Ximiya, 1976. 665 s.