

МЕХАНИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГАЗОЖИДКОСТНЫХ ФАЗ В КОНТАКТНОМ УСТРОЙСТВЕ НА ПРОЦЕСС ОЧИСТКИ ПОПУТНЫХ НЕФТЯНЫХ ГАЗОВ

**Голубев В.Г., Садырбаева А.С., Колесников А.С., Байботаева С.Е.,
Туребекова А.М., Кунгратбай Г.У.**

**Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова (160012, РК,
г.Шымкент, пр. Тауке-хана, 5), e-mail a.sadyrbaeva@mail.ru**

Все природные газы, добываемые из газовых, газоконденсатных и нефтяных месторождений, содержат углекислый газ. В некоторых из них содержится сероводород. Углекислый газ является балластом, а сероводород — высокотоксичным коррозирующим компонентом. Поэтому природные газы перед подачей их потребителю или в газопроводы очищают от этих примесей. Глубина очистки определяется требованиями, предъявляемыми технологией использования газа.

Широкое распространение, в последнее время, получили интенсивные массообменные аппараты с активным взаимодействием жидкостей и газов в слое регулярно расположенных турбулизаторов. Реализация прямоточных газочапельных режимов взаимодействия фаз в этих аппаратах позволила значительно интенсифицировать процессы очистки попутных нефтяных газов.

Аппараты, работающие в этих режимах, показали высокую эффективность очистки газов от сероводорода и углекислого газа.

Для оценки эффективности очистки попутных нефтяных газов, в массообменных аппаратах необходимы исследования механизмов взаимодействия фаз и влияния конструктивных и технологических параметров на процесс очистки газов.

Ключевые слова: абсорбционный метод, взаимодействие фаз, очистка газов, молекулярная диффузия, коэффициент массопередачи, перенос.

THE MECHANISM OF INTERACTION OF GAS-LIQUID PHASE IN THE CONTACT DEVICE FOR THE CLEANING PROCESS ASSOCIATED PETROLEUM GAS

**Golubev V.G., Sadyrbayeva A.S., Kolesnikov A.S., Baibotaeva S.E.,
Turebekova A.M., Kungratbai G.U.**

**The Southern Kazakhstan state university of M. Auezov (160012, RK, Shymkent,
Tauke-hana Ave., 5), e-mail a.sadyrbaeva@mail.ru**

All natural gases extracted from gas, gas-condensate and oil fields contain carbon dioxide. Some of them contain hydrogen sulfide. Carbon dioxide is a ballast, and hydrogen sulfide — a highly toxic korrosion component. Therefore natural gases before giving to their consumer or in gas pipelines clear of these impurity. Depth of cleaning is defined by requirements imposed by technology of use of gas.

Recently, intensive mass-exchanged devices with active interaction of liquids and gases in a layer of regularly located turbulizers were widely adopted. Realization of the direct-flow gas-drop modes of interaction of phases in these devices allowed to intensify considerably processes of purification of associated oil gases.

The devices working in these modes showed high efficiency of purification of gases of hydrogen sulfide and carbon dioxide.

For an assessment of efficiency of purification of associated oil gases, in mass-exchanged devices researches of mechanisms of interaction of phases and influence of design and technological data on process of purification of gases are necessary.

Keywords: absorbing method, interaction of phases, purification of gases, molecular diffusion, mass transfer coefficient, transfer.

Газы нефтяные попутные – это природные газы, сопровождающие нефть и выделяющиеся при ее добыче. Характерной особенностью состава газов нефтяных попутных является наличие в них, кроме метана, также этана, пропана, бутанов и паров более тяжелых углеводородов. Во многих газах нефтяных попутных присутствуют сероводород и негорючие компоненты: азот, углекислый газ, а также редкие газы – He, Ar. Последние содержатся в количествах, редко представляющих промышленный интерес.

Природные углеводородные газы очищают от сероводорода и углекислого газа сорбционными методами с использованием жидких и твердых поглотителей (сорбентов), как наиболее экономичные и позволяющие полностью автоматизировать замкнутый цикл. Серьезным недостатком абсорбционного метода является значительное загрязнение очищаемого газа парами сорбента. При низких парциальных давлениях извлекаемых компонентов и при необходимости глубокой очистки незаменимым является адсорбционный способ очистки [1].

Недостатки адсорбционных методов — периодичность процесса очистки, необходимость и высокая стоимость регенерации адсорбентов. Существенным недостатком адсорбентов является снижение поглотительной способности в процессе эксплуатации, особенно при очистке газа, содержащего большое количество примесей.

Наибольшее применение для очистки природных газов нашли абсорбционные методы на основе использования физической и химической абсорбции.

Абсорбция – избирательное поглощение газов или паров жидким поглотителем. Этот процесс представляет собой переход вещества из газовой (или паровой) фазы в жидкую. Наиболее широко используется для разделения технологических газов и очистки газовых выбросов [2].

Протекание абсорбционных процессов характеризуется их статикой и кинетикой.

Статика абсорбции, т. е. равновесие между жидкой и газовой фазами, определяет состояние, которое устанавливается при весьма продолжительном соприкосновении фаз.

Равновесие между фазами определяется термодинамическими свойствами компонента и поглотителя и зависит от состава одной из фаз, температуры и давления.

Кинетика абсорбции [1,2,3], т.е. скорость процесса массообмена, определяется движущей силой процесса (т.е. степенью отклонения системы от равновесного состояния), свойствами поглотителя, компонента и инертного газа, а также способом соприкосновения фаз (устройством абсорбционного аппарата и гидродинамическим режимом его работы).

Движущей силой процессов абсорбции является разность концентраций Δx или Δy в газовой или жидкой фазах.

Перенос вещества из фазы в фазу при абсорбции включает две стадии массоотдачи - подвод переносимого вещества из первой фазы к поверхности раздела фаз и отвод этого вещества от границы в другую фазу. Количественный состав фаз выражается концентрациями.

В абсорбционных массообменных процессах участвуют как минимум три вещества: распределяемое вещество или первая инертная фаза-носитель Φ_y ; распределяемое вещество или вторая инертная фаза-носитель Φ_x ; распределяемый компонент.

Инертные фазы носители не участвуют в процессе массопередачи, а являются лишь носителями распределяемого компонента.

Существуют два элементарных способа переноса вещества - молекулярная диффузия и конвекция. Диффузия присутствует всегда, поэтому массообменные процессы часто называют диффузионными.

Молекулярная диффузия или просто диффузия - это перенос вещества за счет беспорядочного, хаотического движения молекул. Молекулярная диффузия описывается первым законом Фика [4]:

$$M = -DS \tau \frac{\partial c}{\partial n} \quad (1)$$

где: D – коэффициент молекулярной диффузии;

S – поверхность, нормальная к направлению диффузии;

$\frac{\partial c}{\partial n}$ – градиент концентрации вещества на единицу длины пути n диффундирующего вещества.

D - коэффициент молекулярной диффузии, который показывает способность вещества проникать через неподвижную среду. Он является коэффициентом скорости диффузии и зависит от природы вещества и среды, температуры, а для газов и от давления.

Конвекция - это перенос вещества за счет перемещения ее частиц при движении, в том числе за счет турбулентных пульсаций, которые называют турбулентной диффузией. Конвекция может быть естественной и вынужденной.

Количество вещества переносимого за счет конвекции определяется уравнениями массоотдачи в фазах Φ_y и Φ_x :

$$dM = \beta_y dF d\tau (y - y_{гр}); \quad (2)$$

$$dM = \beta_x dF d\tau (x - x_{гр}), \quad (3)$$

где: β_y и β_x - коэффициенты массоотдачи, которые характеризуют скорость переноса вещества от среды к границе раздела фаз и от границы к другой фазе;

$y_{гр}$ и $x_{гр}$ - концентрации фаз на границе раздела фаз.

В движущейся среде перенос вещества осуществляется одновременно конвекцией и неизбежно молекулярной диффузией. Перенос конвекцией более интенсивен.

При взаимодействии двух фаз в соответствии со вторым началом термодинамики их состояние изменяется в направлении достижения равновесия, которое характеризуется равенством температур, концентраций и давлений фаз, а также равенством химических потенциалов каждого компонента в сосуществующих фазах [5,6].

Движущая сила переноса какого-либо компонента из одной фазы в другую - определяется разностью химических потенциалов этого компонента во взаимодействующих фазах. Переход компонента происходит в направлении убывания его химического потенциала.

На практике движущую силу массообмена обычно выражают через градиент концентраций, что значительно упрощает связь между скоростью процесса и составом технологических потоков.

В ряде случаев использование разности концентраций в качестве движущей силы можно обосновать теоретически. Учет условий существования данного количества фаз и законов распределения компонентов в них, определяемых фаз правилами и законами равновесия необходимо для понимания и анализа любого процесса массообмена.

В условиях равновесия (при $P = \text{const}$ и $T = \text{const}$) некоторому значению x будет соответствовать строго определенное значение концентрации y^* . Концентрация y^* называется равновесной. При изменении давления или температуры равновесие сдвинется и наступит при новых значениях концентраций.

Зависимости между этими концентрациями называются равновесными:

$$f(x) \text{ или } x^* = f(y) \quad (4)$$

Разности между рабочими и равновесными концентрациями фаз по абсолютной величине будут определять движущую силу процесса:

$$\Delta y_a = |y_a - y_a^*| \quad \text{и} \quad \Delta x_a = |x_a^* - x_a| \quad (5)$$

В соответствии с основной кинетической закономерностью, скорость массообменного процесса будет прямо пропорциональна движущей силе Δy или Δx и обратно пропорциональна сопротивлению R_y или R_x .

Под скоростью массопередачи понимается количество вещества переносимое через единицу поверхности за единицу времени, то есть величина:

$$dM/dF \cdot d\tau \quad (6)$$

Следовательно, можно записать:

$$\frac{dM}{dF \cdot d\tau} = \frac{\Delta y}{R_y} \quad \text{и} \quad \frac{dM}{dF \cdot d\tau} = \frac{\Delta x}{R_x} \quad (7)$$

Величины обратные сопротивлению, называются коэффициентами массопередачи:

$$K_y = 1/R_y \quad \text{и} \quad K_x = 1/R_x \quad (8)$$

С учетом этого можно записать:

$$dM = K_y dF d\tau \Delta y; \quad dM = K_x dF d\tau \Delta x \quad (9)$$

Эти уравнения называются уравнениями массопередачи в дифференциальной форме и определяют одно и то же количество переносимого вещества.

Для получения интегрального вида уравнения необходимо усреднить движущую силу процесса, которая изменяется вдоль поверхности массопередачи:

$$M = K_y F dF d\tau \Delta y_{cp} \quad \text{или} \quad M = K_x F dF d\tau \Delta x_{cp} \quad (10)$$

Коэффициенты массопередачи характеризуют скорость передачи вещества из фазы в фазу, т.е. количество вещества переносимое через 1 м^2 за единицу времени. Их размерность зависит от выбранного способа выражения концентрации фаз. Основное уравнение массопередачи используется для расчета поверхности контакта фаз (массопередачи) в аппарате.

Для установившегося процесса количество переносимого вещества не изменяется во времени и тогда:

$$F = M / K_y u_{\text{ср}} \text{ или } F = M / K_x x_{\text{ср}} \quad (11)$$

Таким образом, расчет массообменного аппарата сводится к определению коэффициента массопередачи, средней движущей силы и количество переносимого вещества, которое рассчитывается из материального баланса.

Список используемой литературы

1. Рамм В. М., Абсорбция газов.- М.: Химия, 1976. – 656 с.
2. Кафаров В.В., Основы массопередачи.-М: Высшая школа, 1979. – 439 с.
3. Касаткин А.Г., Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1973. – 784 с.
4. Голубев В.Г., Садырбаева А.С., Байботаева С.Е. Исследование массообменных характеристик орошаемой контактной тарелки с закрученным газовым потоком. // Научный журнал Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. – 2013. – II часть. - №4 (95). – С. 45-48.
5. Иванов А.Е., Беренгартен М.Г., Ключенкова М.И. Гидродинамика и массообмен в комбинированном абсорбционном аппарате, совмещающем барботажную и пленочную зоны контакта фаз: Труды X Международного Симпозиума молодых ученых, аспирантов и студентов 30 ноября – 1 декабря 2010г. «Инженерные и технологические исследования для устойчивого развития», - М., 2010. с. 66-77.
6. Сугак Е.В., Войнов Н.А., Николаев Н.А. Очистка газовых выбросов в аппаратах с интенсивными гидродинамическими режимами. – Казань, РИЦ «Школа», 1999. 224 с.