

Абсорбционная очистка газа с помощью шаровых насадок в псевдоожигенном слое

Хабибулла Сагдуллаевич Нурмухамедов

Гулноз Нигмановна Хакимова

hakimova_67@mail.ru

Жавохир Валижонович Султонов

Шахноза Саиданваровна Рахимжонова

Ташкентский химико-технологический институт

Аннотация: В данной статье, для улавливания углекислого газа, предлагается абсорбер с псевдоожигенной насадкой имеющий ряд преимуществ перед другими типами абсорберов. А именно, является его возможность работы с загрязняющими твердыми частицами газа и жидкости, имеет высокую эффективность за счет развитой поверхности массоотдачи и высокие значения коэффициентов массоотдачи. У аппарата, отсутствует поперечная неравномерность потоков за счет хорошего перемешивания жидкости. В работе, экспериментально исследована и изучена абсорбционная очистка газа с помощью шаровых насадок в псевдоожигенном слое. При изменении диаметра шаровой насадки изучалась предельная скорость газа в колонне и ее влияние на диаметр колонны.

Ключевые слова: химической промышленности, смолистые вещества, аммиак, фенол, тяжелые металлы, сероводород, абсорбционные и адсорбционные методы очистки, тарельчатый абсорбер

Absorption gas cleaning using ball packs in a fluidized bed

Khabibulla Sagdullaevich Nurmukhamedov

Gulnoz Nigmanovna Khakimova

hakimova_67@mail.ru

Zhavokhir Valizhonovich Sultonov

Shakhnoza Saidanvarovna Rakhimzhonova

Tashkent Chemical Technology Institute

Abstract: In this article, for capturing carbon dioxide, a fluidized absorber is proposed that has a number of advantages over other types of absorbers. Namely, its ability to work with polluting solid particles of gas and liquid is high efficiency due to the developed mass transfer surface and high values of mass transfer coefficients. The

device does not have transverse non-uniformity of flows due to good mixing of the liquid. In the work, the absorption purification of gas with the help of ball nozzles in a fluidized bed is experimentally investigated and studied. When changing the diameter of the ball nozzle, the limiting velocity of the gas in the column and its effect on the diameter of the column were studied.

Keywords: chemical industry, resinous substances, ammonia, phenol, heavy metals, hydrogen sulfide, absorption and adsorption cleaning methods, plate absorber

Введение. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются промышленные предприятия, транспорт, тепловые электростанции. Каждый из этих источников, связан с выделением большого количества специфически токсичных веществ, иногда не поддающихся сразу идентификации, хотя номенклатура многотоннажных загрязнений сравнительно велика.

Например, предприятия черной металлургии выбрасывают газы, содержащие пыль оксиды серы и металлов. На 1 т. перерабатываемого чугуна в атмосферу выбрасывается 4,5 кг пыли: 2,7 кг SO₂, 0,1...0,5 кг Mn, а также соединения мышьяка, фосфора, сурьмы, свинца, ртути, редких металлов (Rb, Cd, Cs, Sc, Ga, In, Tl, Ge, Hf, V, Se, Te, Re), смолистые вещества.

Предприятиями химической промышленности выбрасываются пыли, содержащие неорганические и органические вещества и газы: CO₂, CO, NH₃, SO₂, NO₂, HF, HCl, SiF₄, H₂S и др.

Что касается, состояния промышленных выбросов в Узбекистане, то их мониторинг показывает, основными промышленными загрязнителями атмосферного воздуха являются: оксид азота, диоксид серы (сернистый газ SO₂), оксид углерода (угарный газ CO), диоксид азота (NO₂), пыль (твердые взвешенные частицы), а также специфические загрязнители - аммиак, фенолы, тяжелые металлы, сероводород, органические растворители и другие.

Согласно результатам инструментального контроля за 2019–2022 годы, превышения установленных нормативов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу были обнаружены на следующих предприятиях:

«Навоиазот» - по окислам азота до 2,84 (%) и аммиаку до 1,17 раз;

«Ахангаран-цемент» - по пыли до 40,7 и окислам азота до 1,2 раз;

«Алмалыкский ГМК» - по пыли до 20, диоксиду серы до 7,7 и окислам азота до 2,7 раз.

«Узметкомбинат» - по пыли до 3,7, окислам азота до 1,6 и диоксиду серы до 3,1 раз;

«Бекабадцемент» - по пыли до 12,2, окислам азота до 2,2 и диоксиду серы до 5,9 раз;

«Максам-Чирчик» - по аммиаку до 2,6 и окислам азота до 4,7 раз;

«Фаргоназот» - по ацетону до 1,3 раза.

Таким образом, с отходящими газами в атмосферу поступают твердые, жидкие, паро - и газообразные неорганические и органические вещества, поэтому по агрегатному состоянию загрязнения подразделяют на твердые, жидкие, газообразные и смешанные.

Объекты и методы исследования. Для улавливания газовых выбросов, на предприятиях используются абсорбционные и адсорбционные методы очистки, особенно широко используются различные типы абсорберов: распыливающие, плёночные, тарельчатые и насадочные [1,2].

В химической, как и в других отраслях промышленности, насадочные и тарельчатые колонны часто используются для процессов тепло- и массообмена при абсорбции, ректификации и экстракции, в том числе для охлаждения газов и жидкостей. В силу образования твердого нерастворимого осадка, тарельчатые абсорберы не эффективны, необходима их частая очистка, по тем же причинам не подходят насадочные абсорберы. Распыливающие абсорберы имеют небольшие коэффициенты массотдачи, в силу чего необходима большая поверхность массопередачи [3,4].

Принцип действия абсорберов с псевдооживленной шаровой насадкой приведен на рисунке 1.

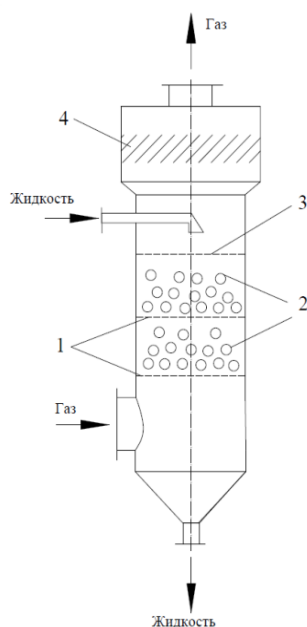


Рис. 1. Абсорбер с псевдооживленной насадкой:

1 - опорно-распределительные решетки; 2 - шаровая насадка;

3 - ограничительная решетка; 4 - брызгоуловитель

В данной статье, для улавливания углекислого газа, предлагается абсорбер с псевдооживленной насадкой имеющий ряд преимуществ перед другими типами абсорберов. А именно, является его возможность работы с загрязняющими

твердыми частицами газа и жидкости, имеет высокую эффективность за счет развитой поверхности массоотдачи и высокие значения коэффициентов массоотдачи. У аппарата, отсутствует поперечная неравномерность потоков за счет хорошего перемешивания жидкости [5.6].

Результаты исследований. В работе, экспериментально исследована и изучена абсорбционная очистка газа с помощью шаровых насадок в псевдооживленном слое [4].

Диаметр шаровой насадки находится в пределах $d=7-76$ мм. Плотность насадки $20-400$ кг/м³.

Формула относительной площади поверхности для шаровой насадки рассчитывалась по формуле (1,2).

$$a = \frac{s}{m} = \frac{\pi d^2}{\rho v} = \frac{\pi d^2}{\rho \frac{\pi d^3}{6}} = \frac{6}{\rho d} \quad (1)$$

$$a = \frac{6}{\rho d} \quad (2)$$

где ρ - плотность шара, кг/м³, d - диаметр шара, мм.

При изменении диаметра шаровой насадки изучалась предельная скорость газа в колонне и ее влияние на диаметр колонны. Предельная скорость газа, проходящего через насадки, определена по следующей формуле (3).

$$\lg \left[\frac{w^2 a}{g \varepsilon^3} \cdot \frac{\rho_y}{\rho_x} \left(\frac{\mu_x}{\mu_g} \right)^{0,16} \right] = A - B \left(\frac{L}{G} \right)^{0,25} \left(\frac{\rho_y}{\rho_x} \right)^{0,125} \quad (3)$$

$$C = A - B \left(\frac{L}{G} \right)^{0,25} \left(\frac{\rho_y}{\rho_x} \right)^{0,125} \quad (4)$$

где $A=-0,073$ и $B=1,75$ (для шаровой насадки) коэффициент в зависимости от типа насадки, L - массовый расход жидкости кг/с, G - массовый расход газа кг/с, ρ_x и ρ_y - плотность жидкости и газа в колонне кг/м³.

$$w = \sqrt{\frac{g \varepsilon^3 \rho_x 10^c}{a \rho_y \left(\frac{\mu_x}{\mu_g} \right)^{0,16}}} \quad (5)$$

где $\varepsilon=0.785$ - свободный объем насадки, a - удельная поверхность насадки, μ_x и μ_g динамическая вязкость жидкости и газа в колонне Па*с, w - предельная скорость газа в колонне м/с.

В данной работе изучалась зависимость шаровой насадки и насадки “кольца Рашига” от диаметра колонны и скорости газа, проходящего сквозь устройств [5]. Результаты эксперимента представлены на рисунке 2.

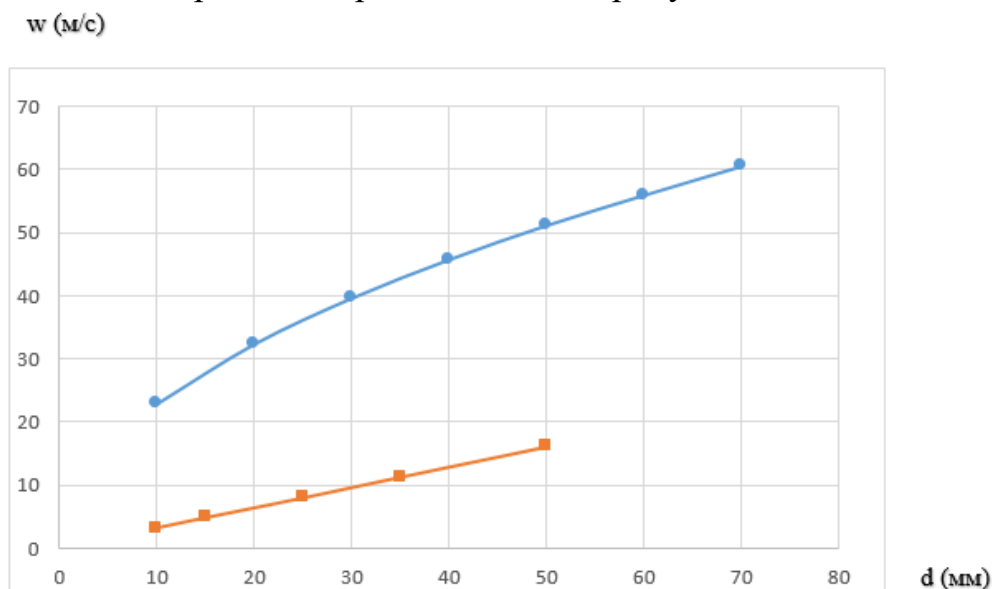


Рис.2. Зависимость диаметров шаровой насадки и кольца Рашига от предельной скорости газа в колонне

Как видно из графика, при диаметре шара 10 мм предельная скорость прохождения газа через шаровую насадку составила 22,9 м/с, а сквозь “кольца Рашига” предельная скорость 3,2 м/с. Как видно из результатов эксперимента, с увеличением диаметра шара увеличивается и предельная скорость газа в колонне. Из графика также видно, что при диаметре шара 50 мм и размерах кольца Рашига 50x50x1 скорость газа для шаровой насадки 51 м/с, а для насадки “кольца Рашига” 16,1 м/с. Судя по графику, можно сказать, что предельная скорость газа имеет более высокое значение для процесса абсорбции в колонне, что в свою очередь, существенно влияет на интенсивность процесса.

По приведенному рисунку 3 было изучено влияние “кольца Рашига” и шаровой насадки на диаметр колонны.

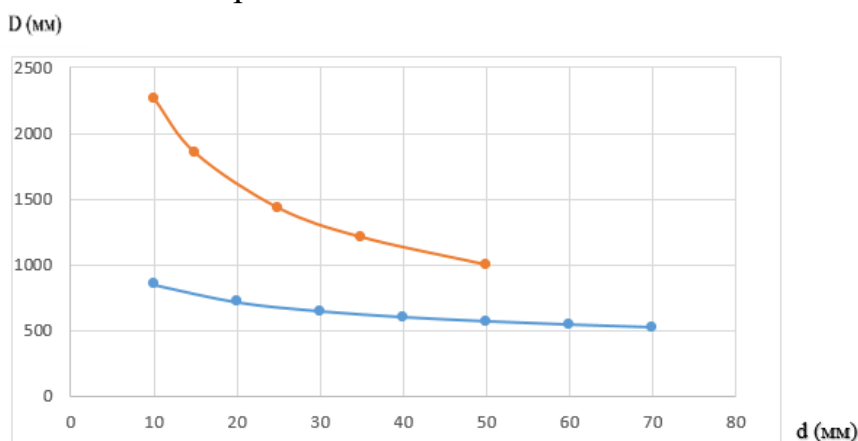


Рис.3. Зависимость диаметра шаровой насадки и кольца Рашига от предельной скорости газа в колонне

Как видно из графика (Рис.3), при диаметре шара 10 мм диаметр колонны составляет 849 мм, и 2262 мм диаметр колонны с насадкой “кольца Рашига”. При диаметре шара 30 мм диаметр колонны 645 мм, для колец Рашига размерами 30x30x1,5 диаметр колонны составляет 1029 мм.

Резюме. В заключение, можно сказать, что при использовании насадки “кольца Рашига” диаметр колонны очень велик, а при использовании шаровой насадки диаметр колонны может быть уменьшен в 2,6 раза. Это, в свою очередь, позволяет уменьшить металлоемкость и гидравлическое сопротивление колонны. В дальнейшем планируется провести аналитические исследования гидравлического сопротивления абсорбера с использованием газожидкостных потоков

Использованная литература

1. Гельперин Н.И., Айнштейн В.Г., Кваша В.Б. Основы техники псевдооживления / под ред. Гельперина Н.И. М.: Химия, 1967.
2. Ветошкин А. Г. Процессы и аппараты газоочистки. Пенза: ПГУ, 2006. 201 с.
3. Замянян А. А., Рамм В. М. Абсорберы с подвижной насадкой. М.: Химия, 1980. 184 с.
4. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Часть 2. Массообменные процессы и аппараты. М.: Химия. 1992. – 384с.
5. Балабеков О. С., Волненко А. А. Расчет и конструирование теплообменных и пылеулавливающих аппаратов с подвижной и регулярной насадкой. Шимкент: GOLDYES, 2015. 184 с.
6. Марков В. А., Протасов С. К., Боровик А. А. Процессы и аппараты химической технологии. Лабораторный практикум. Минск: БГТУ, 2011. 206 с.