



## Основы массообмена между твердым телом и газожидкостной смесью

**Авалбаев Г.А**

и.о.доцент,

**Алиева Р.А.**

и.о.доцент,

**Сорабекова М.**

студент

Джизакский политехнический институт Республики Узбекистан

Email: [avalbaev54@mail.ru](mailto:avalbaev54@mail.ru)

## Fundamentals of mass transfer between a solid body and a gas-liquid mixture

**Avalbaev G.A**

Acting Associate Professor,

**Alieva R.A.**

Acting Associate Professor

**Sorabekova M.**

student

Jizzakh Polytechnic Institute Republic of Uzbekistan

Email: [avalbaev54@mail.ru](mailto:avalbaev54@mail.ru)

### ABSTRACT

Приведены результаты эксперимента по определению коэффициента массоотдачи для взвешенных частиц. Определен потери напора в слое и решетке, на основе которого методом наименьших квадратов предложена формула, позволяющая определить диффузионное число Нуссельта.

The results of an experiment on the mass transfer coefficient for suspended particles are presented. Determination of the diffusion number definition in the table and lattice, based on the least squares formula, allowing the definition of the Nusselt diffusion number.

### ARTICLE INFO

Received: 11<sup>th</sup> February 2023

Revised: 11<sup>th</sup> March 2023

Accepted: 17<sup>th</sup> April 2023

### KEYWORDS:

коэффициент массообмена, твердые частицы, пульсационное движение, метод наименьших квадратов, диффузионное число

mass transfer coefficient, solid particles, pulsating motion, least squares method, diffusion number.

Применение инертного газа, барботирующего сквозь слой жидкости, приводит интенсивному перемешиванию последней. В связи с этим возникает возможность использования газожидкостной системы в качестве средства интенсивного проведения массообмена в системе твердое тело-жидкость.

Авторами настоящей работы было предпринято исследование массообмена между неподвижным твердым телом и газожидкостной смесью.

На рис. 1 представлена схема экспериментальной установки, основной частью которой является цилиндрический аппарат 1, изготовленный из оргстекла, диаметром 160 мм и высотой 1200 мм. Нижняя часть аппарата выполнена в виде конуса, в котором размещена газораспределительная решетка 2. Из напорного бака трубопроводом определенное количество жидкости подавалось в аппарат, включался компрессор и устанавливался требуемый расход газа. Взвешенные шарообразные твердые образцы закреплялись на латунном держателе 8 и вставлялись в аппарат. Автоматическим титрометром регистрировалась концентрация растворенного вещества  $c_1$ . Через определенный промежуток времени частицы вынимали, высушивали до постоянного веса и взвешиванием определяли потерю веса. Последнюю сравнивали с количеством растворенного вещества, определенным по уравнению материального баланса на основании замеренной концентрации  $c_1$ . Разница между измерениями не превышала 5%.

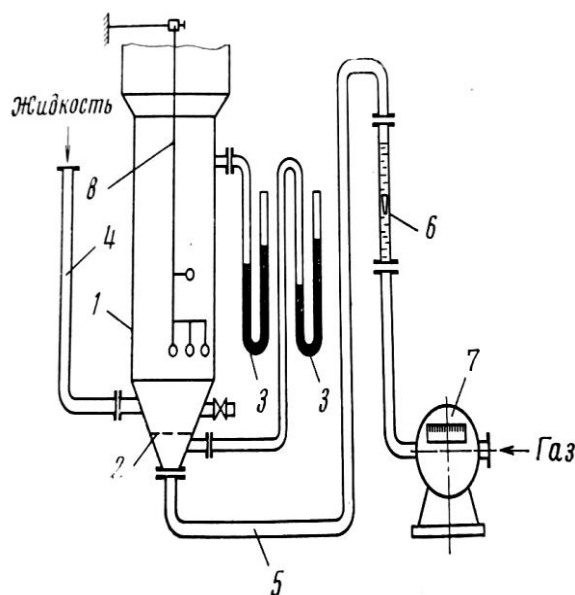
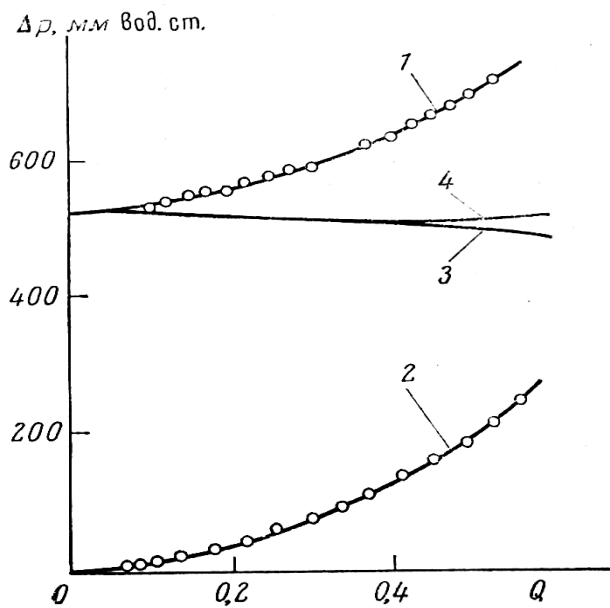


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1-аппарат; 2-газораспределительная решетка; 3-манометры; 4-трубопровод для жидкости; 5-трубопровод для газа; 6-ротаметр; 7-газовый счетчик; 8-держатель твердых частиц

Значение коэффициента массоотдачи  $k$  вычисляли по уравнению массомена для нестационарного процесса



$$k = \frac{\Delta G}{F_{\text{ср}} \Delta c_{\text{ср}} \Delta \tau},$$

$$\Delta c_{\text{ср}} = \frac{(c_s - c_0) - (c_s - c_1)}{2,3 \lg \frac{c_s - c_0}{c_s - c_1}}.$$

Где (1)

Значение  $F_{\text{ср}}$  находили как среднеарифметическое между начальной и конечной поверхностями шарика.

Твердые частицы изготовляли прессованием из частицы изготовляли прессованием из следующих веществ: борной кислоты, бензойной кислоты, гипса и азотнокислого калия. Жидкостью служила дистиллированная вода, интересным газ-воздух.

Рис.2 зависимость величин потерь напора от расхода газа: 1- полная потеря напора в слое и решетке; 3- потеря напора в слое; 4- значение  $\Delta p$  (в формуле (3))

Рассмотрим газожидкостную смесь в условиях, соответствующих экспериментальной установке. В определенной массе жидкости возникают пульсационные движения, интенсивность которых

определяется энергией, сообщаемой жидкости. В соответствии с представлениями А. Н. Колмогорова пульсационная скорость крупномасштабных движений жидкости оценивается формулой

$$v_f \sim \sqrt[3]{EL}, \quad (2)$$

где  $E$ -секундная диссипация энергии в единице массы жидкости.

Поскольку причина возникновения этой энергии – движение газа, то она может быть определена из уравнения энергетического баланса для единицы массы жидкости быть определена из уравнения энергетического баланса для единицы массы жидкости быть определена из уравнения энергетического баланса для единицы массы жидкости

$$E \sim \frac{[(p_1 - p_2) + (v_{g1}^2 - v_{g2}^2)p/2]Q}{M} \sim \frac{\Delta p Q}{M} \quad (3)$$

Как показали измерения, значение  $\Delta p$  для постоянных условий опыта в зависимости от расхода газа является величиной почти постоянной (рис. 2) и равной  $H_{pg}$ . На этом же рисунке приведена суммарная потеря напора в слое и решетке, сопротивление газораспределительной решетки и потеря напора в слое жидкости  $p$  в зависимости от расхода газа.

Коэффициент массоотдачи  $k$  можно представить как функцию параметров

$$k = f(Q, d, v, \Delta p, L, M, g), \quad (4)$$

Из которых формируются безразмерные группы.

Образованный комплекс  $\sqrt[3]{\frac{\Delta p Q}{M}} L$   $d/v \sim v_f d/v$ - число Рейнольдса  $Re$ , а комплекс  $Q^2/gd^5$  может быть объяснено следующим образом. Как известно [7], диаметр пузырька определяется соотношением

$$d_{\pi} \sim \frac{Q^{0,4}}{g^{0,2}} \quad (5)$$

Образуем величину  $d_{\pi}/d \sim \sqrt[5]{Q^2/gd^5}$ , Играющую, как это очевидно большую роль в определении степени изоляции твердых частиц от жидкости и в кинетике взаимодействия фаз.

Способом наименьших квадратов с помощью ЭЦВМ “проминь-2” на основании экспериментальных данных для частиц шарообразной формы, взаимодействующих с газожидкостной смесью, получена формула.

$$Nu = 7,66 Re^{0,35} Pr^{0,19} Fr^{0,05}, \quad (6)$$

Где  $Nu$ ,  $Pr$ - диффузионные числа Нуссельта и Прандтля. Среднеквадратичное расхождение опытных и расчетных данных не превышает 8%

Формула (6) может служить для оценки коэффициента массоотдачи  $k$  для неподвижных частиц.

### Использованная литература

1. Валуева, Е.П. Особенности гидродинамики и теплообмена при течении в микроканальных технических устройствах [Текст] / Е.П. Валуева, А.Б. Гаряев, А.В. Клименко. - М.: Издательский дом МЭИ. 2016. - 140с
2. Назаров, А.Д. Разработка методов и электронных средств для теплофизических исследований двухфазных потоков [Текст]: Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук : 01.04.14.01.04 / Александр Дмитриевич Назаров: Ин-т теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН. - Новосибирск. 2013. - 280с
3. Лаптев, А.Г. Методы интенсификации и моделирования теплообменных процессов [Текст] / А.Г. Лаптев, Н.А. Николаев, М.М. Баширов. - М.: Теплотехник, 2011. - 288с.
4. Интенсификация тепло и массообмена на макро-, микро и наномасштабах [Текст] / Б.В. Дзюбенко, Ю.А. Кузма-Кичта, А.И. Леонтьев [и др.] - М.: ЦНИИ атоминформ. 2008. - 535с
5. Теплообмен при кипении жидкости на микроструктурированных поверхностях. Ч.1. Теплоотдача при кипении воды [Текст] / И.А. Попов, Н.Н. Зубков, С.И. Каськов, А.В. Шелчков // Теплоэнергетика. - 2013. - №3. - с.3-11

6. Ягов, В.В. Теплообмен в однофазных средах и при фазовых превращениях: Учебное пособие для вузов [Текст] / В.В. Ягов – М.: Издательский дом МЭИ, 2014. – 542 с.
7. Alieva R., Olimova N. Improving the efficiency of dust collectors and modernization of the aspiration system in cotton cleaning plants // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2023. – Т. 1142. – №. 1. – С. 012107.