

ISSN 2224-5286

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ХИМИЯ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯ
СЕРИЯСЫ**



**СЕРИЯ
ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ**



**SERIES
CHEMISTRY AND TECHNOLOGY**

1 (415)

**ҚАҢТАР – АҚПАҢ 2016 ж.
ЯНВАРЬ – ФЕВРАЛЬ 2016 г.
JANUARY – FEBRUARY 2016**

**1947 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1947 ГОДА
PUBLISHED SINCE JANUARY 1947**

**ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR**

**АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK**

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі
М. Ж. Жұрынов

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әдекенов С.М.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Ғазалиев А.М.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Ерғожин Е.Е.** (бас редактордың орынбасары); хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Пірәлиев К.Д.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Баешов А.Б.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Бүркітбаев М.М.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жүсіпбеков У.Ж.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Итжанова Х.И.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Молдахметов М.З.**, техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мырхалықов Ж.У.**; мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рахымов К.Д.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Сатаев М.И.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Тәшімов Л.Т.**; хим. ғ. докторы, проф. **Мансұров З.А.**; техн. ғ. докторы, проф. **Наурызбаев М.К.**

Р е д а к ц и я к е ң е с і:

Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **Агабеков В.Е.** (Беларусь); Украинаның ҰҒА академигі **Волков С.В.** (Украина); Қырғыз Республикасының ҰҒА академигі **Жоробекова Ш.Ж.** (Қырғызстан); Армения Республикасының ҰҒА академигі **Мангашян А.А.** (Армения); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Туртэ К.** (Молдова); Әзірбайжан ҰҒА академигі **Фарзалиев В.** (Әзірбайжан); Тәжікстан Республикасының ҰҒА академигі **Халиков Д.Х.** (Тәжікстан); хим. ғ. докторы, проф. **Нараев В.Н.** (Ресей Федерациясы); философия ғ. докторы, профессор **Полина Прокопович** (Ұлыбритания); хим. ғ. докторы, профессор **Марек Сикорски** (Польша)

Главный редактор

академик НАН РК

М. Ж. Журинов

Редакционная коллегия:

доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **С.М. Адекенов**; доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **А.М. Газалиев**; доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **Е.Е. Ергожин** (заместитель главного редактора); доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **К.Д. Пралиев**; доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **А.Б. Башов**; доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.М. Буркитбаев**; доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **У.Ж. Джусипбеков**; доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Х.И. Итжанова**; доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.З. Мулдахметов**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.У. Мырхалыков**; доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **К.Д. Рахимов**; доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.И. Сатаев**; доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Л.Т. Ташимов**; доктор хим. наук, проф. **З.А. Мансуров**; доктор техн. наук, проф. **М.К. Наурызбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Республики Беларусь **В.Е. Агабеков** (Беларусь); академик НАН Украины **С.В. Волков** (Украина); академик НАН Кыргызской Республики **Ш.Ж. Жоробекова** (Кыргызстан); академик НАН Республики Армения **А.А. Манташян** (Армения); академик НАН Республики Молдова **К. Туртэ** (Молдова); академик НАН Азербайджанской Республики **В. Фарзалиев** (Азербайджан); академик НАН Республики Таджикистан **Д.Х. Халиков** (Таджикистан); доктор хим. наук, проф. **В.Н. Нараев** (Россия); доктор философии, профессор **Полина Прокопович** (Великобритания); доктор хим. наук, профессор **Марек Сикорски** (Польша)

«Известия НАН РК. Серия химии и технологии». ISSN 2224-5286

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №10893-Ж, выданное 30.04.2010 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/chemistry-technology.kz>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016

Адрес редакции: 050100, г. Алматы, ул. Кунаева, 142,
Институт органического катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского,
каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail:orgcat@nursat.kz

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

Editor in chief

M. Zh. Zhurinov,
academician of NAS RK

Editorial board:

S.M. Adekenov, dr. chem. sc., prof., academician of NAS RK; **A.M. Gazaliev**, dr. chem. sc., prof., academician of NAS RK; **Ye.Ye. Yergozhin**, dr. chem. sc., prof., academician of NAS RK (deputy editor); **K.D. Praliyev**, dr. chem. sc., prof., academician of NAS RK; **A.B. Bayeshov**, dr. chem. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.M. Burkhitbayev**, dr. chem. sc., prof., corr. member of NAS RK; **U.Zh. Zhusipbekov**, dr. chem. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Kh.I. Itzhanova**, dr. chem. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.Z. Muldakhmetov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.U. Myrkhalykov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **K.D. Rakhimov**, dr. med. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.I. Satayev**, dr. chem. sc., prof., corr. member of NAS RK; **L.T. Tashimov**, dr. chem. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Z.A. Mansurov**, dr. chem. sc., prof.; **M.K. Nauryzbayev**, dr. eng. sc., prof.

Editorial staff:

V.Ye. Agabekov, NAS Belarus academician (Belarus); **S.V. Volkov**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **Sh.Zh. Zhorobekov**, NAS Kyrgyzstan academician (Kyrgyzstan); **A.A. Mantashyan**, NAS Armenia academician (Armenia); **K. Turte**, NAS Moldova academician (Moldova); **V. Farzaliyev**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **D.Kh. Khalikov**, NAS Tajikistan academician (Tajikistan); **V.N. Narayev**, dr. chem. sc., prof. (Russia); **Pauline Prokopovich**, dr. phylos., prof. (UK); **Marek Sikorski**, dr. chem. sc., prof. (Poland)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of chemistry and technology.
ISSN 2224-5286

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 10893-Ж, issued 30.04.2010

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/chemistry-technology.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2016

Editorial address: Institute of Organic Catalysis and Electrochemistry named after D. V. Sokolsky
142, Kunayev str., of. 310, Almaty, 050100, tel. 291-62-80, fax 291-57-22,
e-mail: orgcat@nursat.kz

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224-5286

Volume 1, Number 415 (2016), 25 – 31

**CALCULATION OF HEAT-EXCHANGE COEFFICIENT AT EXTERNAL
FLOWING OF PACKED TUBE BUNDLE OF REGULAR STRUCTURE****O. S. Balabekov, D. Sarsenbekuly, A. A. Volnenko, D. K. Zhumadullayev**

South-Kazakhstan State University named after Mukhtar Auezov, Shymkent, Kazakhstan.

E-mail: nii_mm@mail.ru

Keywords: heat-exchange coefficient, mass transfer coefficient in the gas phase, tube bundle, operating parameters, pitches for pipes installation.

Abstract. The purpose of this paper is to investigate the mass transfer in the gas phase and heat-exchange coefficients and obtain equations for calculation of mass transfer in the gas phase and heat-exchange coefficients on the basis of experimental data. Standard methodologies of adiabatic evaporation of water into the air and temperature measurements have been used during the studies.

The apparatuses with tubular nozzles of regular structure are perspective gas treatment equipment as along with conducting the general process in the operational area they allow conduct thermal regulation by coolant delivery into pipes. For the device of this construction the studies on mass transfer in the gas phase and heat-exchange coefficients at modification of operating and design parameters have been conducted. The studies have shown the possibility of achieving in-phase condition at modification of vertical pitches between pipes as well as existence of two vortex

interaction mechanisms when changing radial pitches between pipes. In order to obtain mass transfer equation, at first, based on the Fick's first law, local-isotropic turbulence theory of Kolmogorov-Obukhov and dissipation approach we have obtained an equation for calculation mass transfer coefficient in the gas phase and then the equation for calculation of mass transfer coefficient has been obtained with the use of the analogy of heat- and mass exchange consisting of compliance with the requirement of their equations identity and single-valuedness conditions. The obtained equations adequately describe the experimental data.

The processes of absorption and contact heat-exchange are the area for application of the results.

УДК 66.02.071.7

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛОТДАЧИ ПРИ ВНЕШНЕМ ОБТЕКАНИИ НАСАДОЧНОГО ТРУБЧАТОГО ПУЧКА РЕГУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ

О. С. Балабеков, Д. Сарсенбекулы, А. А. Волненко, Д. К. Жумадуллаев

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

Ключевые слова: коэффициент теплоотдачи, коэффициент массоотдачи в газовой фазе, трубчатый пучок, режимные параметры, шаги размещения труб.

Аннотация. Целью работы является проведение исследований коэффициентов массоотдачи в газовой фазе и теплоотдачи и на основе экспериментальных данных получение уравнений для расчета коэффициентов массоотдачи в газовой фазе и теплоотдачи. При проведении исследований стандартные методики адиабатического испарения воды в воздух и измерения температур.

Аппараты с трубчатой насадкой регулярной структуры являются перспективным газоочистным оборудованием, так как наряду с проведением основного процесса в рабочей зоне позволяют осуществлять регулирование температурного режима за счет подачи теплоносителя в трубы. Для аппарата данной конструкции проведены исследования коэффициентов массоотдачи в газовой фазе и теплоотдачи при изменении режимных и конструктивных параметров. Исследования подтвердили возможность достижения синфазных режимов при изменении вертикальных шагов между трубами, а также наличие двух механизмов взаимодействия вихрей при изменении радиальных шагов между трубами. Для получения уравнения коэффициентов теплоотдачи вначале на основе первого закона Фика, теории локально-изотропной турбулентности Колмогорова-Обухова и диссипативного подхода нами получено уравнение для расчета коэффициентов массоотдачи в газовой фазе, а затем, используя аналогию тепло- и массообмена, состоящую в соблюдении требований тождественности их уравнений и условий однозначности получено уравнение для расчета коэффициентов теплоотдачи. Полученные уравнения адекватно описывают экспериментальные данные.

Областью применения результатов являются процессы абсорбции и контактного теплообмена.

Аппараты с регулярной насадкой, в которых элементы насадки закреплены на струнах или регулярно размещены в объеме контактной зоны, нашли применение в процессах абсорбции, пылеулавливания и контактного теплообмена. Имеются сведения об успешном их применении в фосфорных [1] и хромовых производствах [2]. Перспективным в этом направлении является применение аппарата с регулярной трубчатой насадкой, который при проведении контактного теплообмена позволяет регулировать температурный процесс за счет подачи теплоносителя в трубы. Вместе с тем, отсутствие надежных инженерных методик их расчета сдерживает внедрение в промышленность.

Известно, что для осуществления переноса тепла и массы необходимо различие потенциалов в разных точках среды. Применительно к режимам работы контактных аппаратов в качестве потенциала для переноса тепла принимается температура, а для переноса массы (водяного пара) – парциальное давление водяных паров.

Реальные процессы в контактных аппаратах протекают в условиях вынужденного движения обменивающихся сред. Поэтому процессы тепло- и массопереноса определяются явлениями переноса макрочастиц (имеющих большое число молекул) жидкости или газа, обуславливаемых характером движения сред. Такое распространение тепла и массы характерно для конвективного тепло- и массопереноса [3].

Механизм процессов конвективного переноса тепла довольно сложен и для упрощения задач изучения и расчета используется балансовое уравнение [3]:

$$dQ = \alpha(t_c - t_{жс})dF, \quad (1)$$

где dF – элемент поверхности, m^2 ; $t_c - t_{жс} = \Delta t$ – разность температур (температурный напор), $^{\circ}C$; α – коэффициент теплоотдачи, $kJ/m^2 \cdot ч \cdot град$.

Коэффициент теплоотдачи зависит от скорости и характера движения сред, формы и состояния поверхности, температуры и других факторов. Для получения инженерных решений прибегают к упрощениям и считают, что коэффициент α постоянен по поверхности и не зависит от температуры.

Механизм процессов конвективного переноса массы также сложен и для упрощения используют выражение, аналогичное уравнению (1):

$$dG_m = \beta(p_n - p_{жс})dF, \quad (2)$$

где $p_n - p_{жс} = \Delta p$ – разность парциальных давлений (напор парциальных давлений), Па.

Коэффициент массоотдачи зависит от аналогичных факторов, таких же, как и для α . Здесь прибегают к упрощениям и считают, что коэффициент β постоянен по поверхности [3].

Формальная сущность аналогии тепло- и массообмена состоит в требовании тождественности их уравнений и условий однозначности.

Согласно [4] температурное поле в слое насыщенного газа не зависит от физических свойств среды, а полностью определяются формой рассматриваемого тела. Другими словами, тепло- и массообмен между жидкостью и газом при их непосредственном контакте автомоделен относительно чисел подобия, включающих только физические характеристики сред, в том числе относительно чисел Льюиса, Прандтля и др. В данном случае форма примыкающих друг к другу слоев насыщенного и ненасыщенного газа является одинаковой и для теплообмена и массообмена, а уравнения переноса энергии и массы и краевые условия к ним для своих областей задания являются полностью тождественными друг другу относительно переменных температур и концентраций. Этим самым утверждается аналогия процессов тепло- и массообмена при непосредственном контакте газа и жидкости [4].

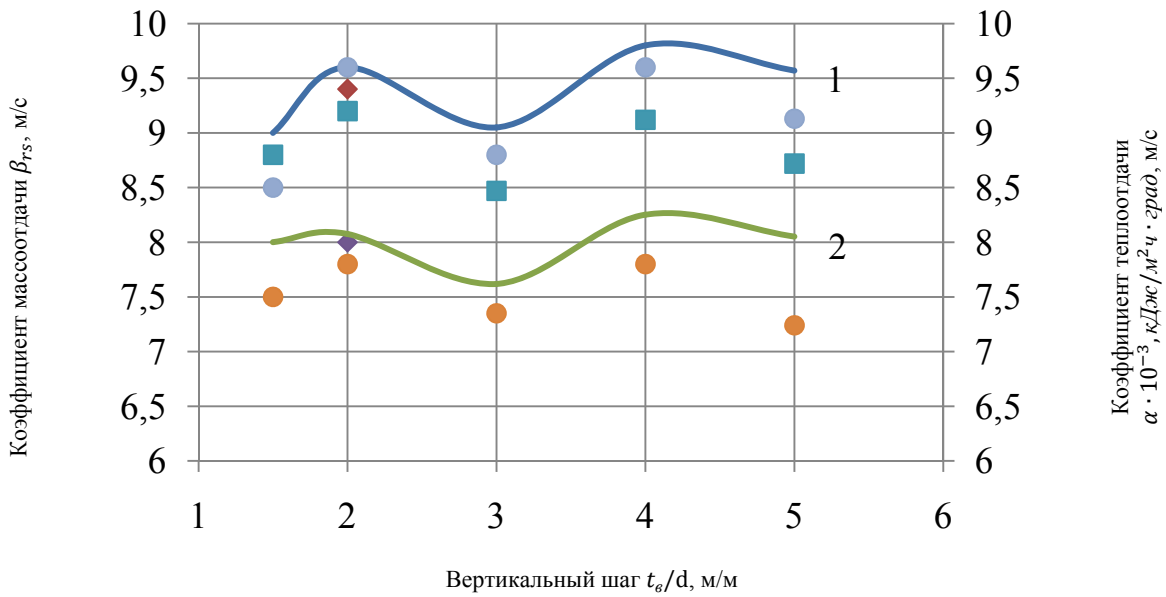
Для подтверждения этого нами проведены исследования коэффициентов массоотдачи в газовой фазе и коэффициентов теплоотдачи. При исследовании коэффициентов массоотдачи в газовой фазе использовали широко применяемую методику, основанную на изучении процесса адиабатического испарения воды в воздух [5], а для расчета коэффициентов теплоотдачи методику, описанную в работе [6].

Исследования показали, что рост скорости газового потока приводит к увеличению количества удерживаемой жидкости, времени ее пребывания и турбулентности газожидкостного слоя за счет увеличения числа и мощности образованных вихрей. В случае массообмена, лимитируемого сопротивлением газовой фазы турбулизация газожидкостного потока снижает диффузионное сопротивление, а за счет снижения диаметра капель увеличивается межфазная поверхность – в результате коэффициенты массоотдачи в газовой фазе растут. Аналогичным образом, увеличение коэффициентов теплоотдачи с ростом скорости газа происходит из-за возрастания разности температур по поверхности контакта.

Значения коэффициентов массоотдачи в газовой фазе $\beta_{гс}$ и теплоотдачи α с увеличением плотности орошения также растут. Это связано с тем, что поверхность контакта фаз в значительной мере определяется поверхностью капель жидкости, количество которых увеличивается с ростом плотности орошения и скорости газа.

Исследования по влиянию конструктивных параметров проведены для оптимальных значений шагов в вертикальном t_v/d и радиальном t_p/d направлениях.

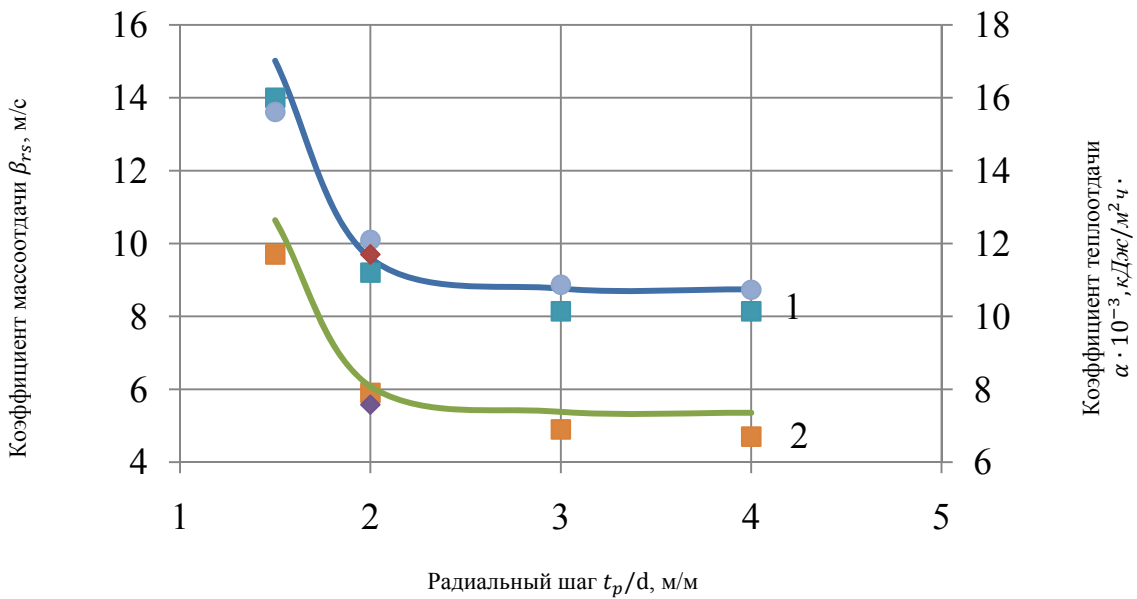
Характер изменения кривых $\beta_{гс}$ и α в зависимости от вертикальных шагов t_v/d (рисунок 1) аналогичны. Результаты исследования гидродинамики и тепломассообменных характеристик свидетельствуют о наличии экстремумов, приходящихся для трубчатого пучка с круглыми трубами - на $t_v/d = 2$ и 4. Появление экстремумов свидетельствует о достижении синфазных режимов.



Точки экспериментальные данные: \circ – [1]; \square – [7]; \diamond – наши данные.

Линии – расчетные данные: $W_r = 4 \text{ м/с}$; $L = 25 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ч}$; $t_p/d = 2$. 1 – β_{rs} ; 2 – α .

Рисунок 1 – Зависимость коэффициентов массоотдачи в газовой фазе β_{rs} и теплоотдачи α от вертикального шага t_v/d



Точки экспериментальные данные: \circ – [1]; \square – [7]; \diamond – наши данные.

Линии – расчетные данные: $W_r = 4 \text{ м/с}$; $L = 25 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ч}$; $t_v/d = 2$. 1 – β_{rs} ; 2 – α .

Рисунок 2 – Зависимость коэффициентов массоотдачи в газовой фазе β_{rs} и теплоотдачи α от радиального шага t_r/d

В этих режимах за счет наложения вихрей происходит суммирование их мощности, что позволяет произвести большую работу по дроблению жидкости и созданию высокоразвитой поверхности.

При нарушении синфазного режима значения тепломассообменных характеристик снижаются. Это связано с несовпадением моментов образования и движения вихрей. Число вихрей значительно сокращается и производимая ими работа незначительна.

Аналогия в характере изменения β_{rs} и α (рисунок 2) наблюдается также с изменением радиального шага t_r/d , полученных в режиме одновременного вихреобразования.

Согласно [8], это связано с механизмом образования вихрей, частота которых при значениях $t_p/d < 2$ определяется величиной зазора между трубами, а при $t_p/d > 2$ шириной обтекаемых труб. Перестройка механизма образования вихрей при критическом значении $t_p/d=2$ приводит к стабилизации значений исследуемых параметров и при дальнейшем увеличении численные значения их меняются незначительно.

Для получения расчетной зависимости коэффициентов массоотдачи газовой фазы, исходя из первого закона Фика, теории локально-изотропной турбулентности Колмогорова-Обухова [9-11] и, используя, диссипативный подход нами получено уравнение для расчета коэффициентов массоотдачи в газовой фазе:

$$\beta_{zs} = B_{\beta_{zs}} \cdot \left[\xi_L \cdot \frac{D_z^2 \cdot U_z^3}{\varphi_{яч} \cdot t_б \cdot \nu_z} \right]^{1/4}, \quad (3)$$

где $B_{\beta_{zs}} = 10,4 \left(\frac{\varphi}{1-\varphi} \right)^{1/4}$ - коэффициент пропорциональности, определяемый опытным путем.

В критериальном виде уравнение (3) примет вид [12]:

$$Sh_{\Gamma}^* = A_{\Gamma} \cdot Re_{\Gamma}^{*3/4} \cdot Sc_{\Gamma}^{1/2}, \quad (4)$$

Здесь: $A_{\Gamma} = 1,16 \cdot B_{\beta_{zs}} \cdot \left[\frac{\xi_L}{\varphi_{яч}} \right]^{1/4}$ - безразмерный параметр, характеризующий взаимодействие вихрей в орошаемом трубчатом пучке;

$Sh_{\Gamma}^* = \beta_{\Gamma s} \cdot t_б / D_{\Gamma}$ и $Re_{\Gamma}^* = U_{\Gamma} \cdot t_б / \nu_{\Gamma}$ - модифицированные числа Шервуда и Рейнольдса, отнесенные к высоте ячейки $t_б$.

Рассматривая подобия геометрических, физических характеристик потоков, полей скоростей и изменений статических давлений, изменения полей температур и парциальных давлений при выполнении двух условий однозначности: 1) соответствие геометрического равенства границ тепла и массы; 2) соблюдение подобия изменения температур и парциальных давлений в сходственных точках аппарата, автором [5] отмечено сохранение постоянства отношения коэффициентов переноса тепла и массы:

$$\frac{\alpha}{\beta_d} = c_p' \cdot \rho_{\Gamma}. \quad (5)$$

С учетом (4) уравнение (5) примет вид [13]:

$$\alpha = B_{\alpha} \cdot c_p' \cdot \left[\xi_L \frac{D_{\Gamma}^2 \cdot U_{\Gamma}^3}{t_б \cdot \varphi_{яч} \cdot \nu_{\Gamma}} \right]^{1/4}, \quad (6)$$

где $B_{\alpha} = 7,28 \cdot \left(\frac{\varphi}{1-\varphi} \right)^{1/4}$ - опытный коэффициент, учитывающей поверхность контактного теплообмена.

С учетом

$$\lambda = 1,9 \cdot C_p' \cdot \rho_{\Gamma} \cdot \nu_{\Gamma} \quad (7)$$

уравнение (6) в критериальном виде запишется следующим образом

$$Nu_z^* = A_{\alpha} \cdot \frac{Re_z^{*3/4} \cdot Pr_z}{Sc^{1/2}}, \quad (8)$$

где $A_{\alpha} = 0,1 \cdot A_{\Gamma}$ - безразмерный параметр, характеризующий взаимодействие вихрей в орошаемом трубчатом пучке;

$Nu^* = \frac{\alpha \cdot t_g}{\lambda}$ и $Re^* = \frac{U_z \cdot t_g}{\nu_z}$ - модифицированные числа Нуссельта и Рейнольдса, отнесенные к

высоте ячейки;

$Pr = \frac{c \cdot \rho_z \cdot \nu_z}{\lambda}$ - число Прандтля.

Умножение обеих частей критериальной зависимости (8) на выражение λ/D_T приводит к уравнению [12]:

$$Nu_z = A_\alpha \cdot Re_z^{3/4} \cdot Pr^{1/2}, \quad (9)$$

где: число Нуссельта $Nu = \frac{\alpha \cdot t_g}{D_z}$; число Прандтля $Pr = \frac{\nu}{a}$.

Замена в числе Прандтля коэффициента молекулярной диффузии D_T на коэффициент температуропроводности a возможно в условиях равенства коэффициентов диффузии массы и теплоты [14].

Уравнение (9) правомерно для расчета процесса теплообмена в газовой фазе.

Для описания чисто тепловых процессов характерна зависимость числа Нуссельта от чисел Рейнольдса и Прандтля. Появление в уравнении (8) числа Шмидта характеризует протекание совмещенного процесса тепло- и массообмена, причем довлеющую роль оказывает число Прандтля [1].

Таким образом, для аппарата с трубчатой насадкой регулярной структуры проведены исследования коэффициентов массоотдачи в газовой фазе и теплоотдачи при изменении режимных и конструктивных параметров и предложены уравнения для их расчета, являющиеся составной частью инженерной методики расчета.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бекибаев Н.С. Научные основы сопряженных тепло- и массообменных процессов в синфазно-вихревых аппаратах. Дис. ... докт. техн. наук, Шымкент, 2008.-240с.
- [2] Волненко А.А. Научные основы разработки и расчета вихревых массообменных и пылеулавливающих аппаратов. Дис. ... докт. техн. наук, Шымкент, 1999.-300с.
- [3] Кокорин О.Я. Установки кондиционирования воздуха. – М.: Машиностроение, 1971. – 344с.
- [4] Андреев Е.И. Расчет тепло - и массообмена в контактных аппаратах. Л.: Энергоатомиздат, 1985.-192с.
- [5] Рамм В.М. Абсорбция газов. - М.: Химия, 1976. - 656с.
- [6] Сейтханов Н.Т. Структура потоков и контактный тепломассообмен в аппарате с регулярной пластинчатой насадкой: Дис....канд. техн. наук.-Шымкент, 2002.-107с.
- [7] Серикулы Ж. Разработка и расчет тепломассообменных аппаратов с подвижной насадкой с учетом масштабного перехода. Дис. ... докт. PhD, Шымкент, 2013.-140с.
- [8] Балабеков О.С., Волненко А.А., Пралиев С., Корганбаев Б.Н., Балабекова М.О., Викторов С.В. Закономерность формирования параллельно движущихся вихревых струй при течении потока газа или жидкости через систему поперек к нему расположенных дискретных источников. Свидетельство о научном открытии №269. Международная ассоциация авторов научных открытий, М.- 2004.- С.32-35.
- [9] Колмогоров, А.Н. Уравнения турбулентного движения несжимаемой жидкости / А.Н. Колмогоров // Изв. АН СССР. Серия физическая. – 1942.– Т.6, №1-2. – С. 56–58.
- [10] Колмогоров, А.Н. Рассеяние энергии при локально-изотропной турбулентности / А.Н. Колмогоров // Докл. АН СССР. – 1941. – Т.32, № 1. – С.19 – 21.
- [11] Обухов, А.М. О распределении энергии в спектре турбулентного потока / А.М. Обухов // Докл. АН СССР. – 1941. – Т.32, № 1. – С. 22 – 24.
- [12] Бекибаев Н.С. Балансово-критериальный расчет процессов тепломассообмена в скрубберах с регулярной пластинчатой насадкой //Поиск.-2003. №1. - С.25-32.
- [13] Бекибаев Н.С. Расчет коэффициента теплоотдачи в синфазно-вихревых потоках // Узбекский Химический журнал, 2008. № 1. - С.43-47.
- [14] Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. – М.: Атомиздат, 1979.- 416с.

REFERENCES

- [1] Bekibayev N.S. The scientific foundations of conjugated heat and mass exchange processes in the in-phase-vortex devices. Dissertation. ... Doctor of Technical Science, Shymkent, 2008. – p. 240

- [2] Volnenko A.A. The scientific foundations of design and calculation of vortex mass-transfer and dust trapping devices. Dissertation. ... Doctor of Technical Science, Shymkent, 1999. – p. 300
- [3] Kokorin O.Ya. Installation of air conditioning systems. – Moscow: Mechanical engineering, 1971. – p. 344
- [4] Andreyev Ye.I. Calculation of heat and mass-exchange in contacting apparatuses. Leningrad: Energoatomizdat, 1985. – p. 192
- [5] Ramm V.M. Gas absorption. – Moscow: Chemistry, 1976. – p. 656
- [6] Seitkhanov N.T. Flow structure and contact heat exchange in the apparatus with regular plate fill: Dissertation. ... Doctor of Technical Science, Shymkent, 2002. – p. 107
- [7] Serikuly Zh. Design and calculation of heat-and-mass exchange apparatuses with mobile nozzle with a view to major shift. Dissertation. PhD, Shymkent, 2013. – p. 140
- [8] Balabekov O.S., Volnenko A.A., Praliyev S., Korganbayev B.N., Balabekova M.O., Viktorov S.V. Regularity of formation of moving vortex streams at gas or liquid stream flow through the systems of discrete sources located crosswise to it. Certificate on scientific discovery №269. International association of authors of scientific discoveries, Moscow – 2004. – p. 32-35.
- [9] Kolmorov A.N. Equation of incompressible liquid turbulent motion / Kolmorov A.N. //Izv. Academy of Sciences of the USSR. Physical serie. – 1942. – Volume.6, №1-2. – p. 56–58.
- [10] Kolmorov A.N. Dissipation of power at local-isotropic turbulence / Kolmorov A.N. //Report of Academy of Sciences of the USSR. – 1941. – Volume 32, № 1. – p. 19 – 21.
- [11] Obukhov A.M. About power distribution in turbulent stream spectrum / Obukhov A.M. // Report of Academy of Sciences of the USSR. – 1941. – Volume.32, № 1. – p. 22 – 24.
- [12] Bekibayev N.S. Balance and criterial calculation of heat-and-mass processes in scrubbers with regular plate fill //Poisk.-2003. №1. – p. 25-32.
- [13] Bekibayev N.S. Calculation of mass transfer coefficient in in-phase-vortex streams //Uzbek Chemistry magazine, 2008. № 1. - p. 43-47.
- [14] Kutateladze S.S. Principles of heat-exchange theory. – Moscow: Atomizdat, 1979. – p. 416

ЖҮЙЕЛІ ҚҰРЫЛЫМДЫ ҚҰБЫРЛЫ ШОҒЫР САПТАМАСЫН СЫРТТАЙ АҒЫП ӨТУ КЕЗІНДЕГІ ЖЫЛУБЕРУ КОЭФФИЦИЕНТІН ЕСЕПТЕУ

О. С. Балабеков, Д. Сарсенбекұлы, А. А. Волненко, Д. К. Жумадуллаев

М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: жылуберіліс коэффициенті, газ фазасында массаберіліс коэффициенті, құбырлы шоғыр, режимдік параметрлер, құбырды орналастыру қадамдары.

Аннотация. Жұмыстың мақсаты жылуберіліс және газ фазасында массаберіліс коэффициенттеріне зерттеу жүргізу және жылуберіліс және газ фазасында массаберіліс коэффициенттерін есептеуге арналған теңдеулерді экспериментальдық мәндер негізінде алу болып табылады. Зерттеу жүргізу кезінде ауадағы судың адиабаттық булануының стандартты әдістемесін және температурасын өлшеу.

Жүйелі құрылымды құбырлы саптамасы бар аппараттар келешегі мол газтазалағыш жабдық болып табылады, себебі жұмыс аймағында негізгі процесті жүргізумен қатар құбырда жылу тасығыштың берілісі есебінен температуралық режимді реттеуді іске асыруға болады. Бұл конструкцияда аппарат үшін режимдік және құрылымдық параметрлері өзгерген жағдайда жылуберіліс пен газ фазасында массаберіліс коэффициентін зерттеу көрсетілген. Зерттеулер құбырлар арасында вертикальді қадамдардың өзгеруі кезінде синфазалық режимдерге қол жеткізуге мүмкін болатынын, сондай-ақ, құбырлар арасында радиалды қадамдардың өзгеруі кезінде құйындар әрекеттесуінің екі механизмінің болуын көрсетіп берді. Жылуберіліс коэффициенттерінің теңдеуін алу үшін, бастапқыда Фиктің бірінші заңы негізінде, Колмогоров-Обуховтың локалды-изотропты турбуленттілік теориясы мен біздің диссипативті тәсілдемемізбен газ фазасында массаберу коэффициентін есептеу үшін теңдеу алынды, содан соң жылу және олардың теңдеулерін тепе-теңдік талаптарын сақтаудан және бір мағыналылық шарттарынан тұратын массаалмасу ұқсастығын қолдана отырып жылуберу коэффициентін есептеуге арналған теңдеу алынды. Алынған теңдеулер тәжірибелік мәндерді сәйкес сипаттайды.

Нәтижелердің қолдану аясы абсорбция мен контактілі жылуалмасу процестері болып табылады.

Поступила 03.12.2015г.

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

<http://www.chemistry-technology.kz/index.php/ru/>

Редакторы: *М. С. Ахметова, Т. А. Апендиев*
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 02.02.2016.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
6,75 п.л. Тираж 300. Заказ 1.