

ISSN 2518-1491 (Online),  
ISSN 2224-5286 (Print)

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 (427)**

**ҚАҢТАР – АҚПАҢ 2018 ж.  
ЯНВАРЬ – ФЕВРАЛЬ 2018 г.  
JANUARY – FEBRUARY 2018**

**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**

---

*NAS RK is pleased to announce that News of NAS RK. Series of chemistry and technologies scientific journal has been accepted for indexing in the Emerging Sources Citation Index, a new edition of Web of Science. Content in this index is under consideration by Clarivate Analytics to be accepted in the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index, and the Arts & Humanities Citation Index. The quality and depth of content Web of Science offers to researchers, authors, publishers, and institutions sets it apart from other research databases. The inclusion of News of NAS RK. Series of chemistry and technologies in the Emerging Sources Citation Index demonstrates our dedication to providing the most relevant and influential content of chemical sciences to our community.*

*Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясы "ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы" ғылыми журналының Web of Science-тің жаңаланған нұсқасы Emerging Sources Citation Index-те индекстелуге қабылданғанын хабарлайды. Бұл индекстелу барысында Clarivate Analytics компаниясы журналды одан әрі the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index және the Arts & Humanities Citation Index-ке қабылдау мәселесін қарастыруда. Web of Science зерттеушілер, авторлар, баспашылар мен мекемелерге контент тереңдігі мен сапасын ұсынады. ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы Emerging Sources Citation Index-ке енуі біздің қоғамдастық үшін ең өзекті және беделді химиялық ғылымдар бойынша контентке адалдығымызды білдіреді.*

*НАН РК сообщает, что научный журнал «Известия НАН РК. Серия химии и технологий» был принят для индексирования в Emerging Sources Citation Index, обновленной версии Web of Science. Содержание в этом индексировании находится в стадии рассмотрения компанией Clarivate Analytics для дальнейшего принятия журнала в the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index и the Arts & Humanities Citation Index. Web of Science предлагает качество и глубину контента для исследователей, авторов, издателей и учреждений. Включение Известия НАН РК в Emerging Sources Citation Index демонстрирует нашу приверженность к наиболее актуальному и влиятельному контенту по химическим наукам для нашего сообщества.*

Б а с р е д а к т о р ы  
х.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі **М.Ж. Жұрынов**

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

**Ағабеков В.Е.** проф., академик (Белорус)  
**Волков С.В.** проф., академик (Украина)  
**Воротынцев М.А.** проф., академик (Ресей)  
**Газалиев А.М.** проф., академик (Қазақстан)  
**Ергожин Е.Е.** проф., академик (Қазақстан)  
**Жармағамбетова А.К.** проф. (Қазақстан), бас ред. орынбасары  
**Жоробекова Ш.Ж.** проф., академик (Қырғыстан)  
**Итқулова Ш.С.** проф. (Қазақстан)  
**Манташян А.А.** проф., академик (Армения)  
**Пралиев К.Д.** проф., академик (Қазақстан)  
**Баешов А.Б.** проф., академик (Қазақстан)  
**Бүркітбаев М.М.** проф., академик (Қазақстан)  
**Джусипбеков У.Ж.** проф. корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Молдахметов М.З.** проф., академик (Қазақстан)  
**Мансуров З.А.** проф. (Қазақстан)  
**Наурызбаев М.К.** проф. (Қазақстан)  
**Рудик В.** проф., академик (Молдова)  
**Рахимов К.Д.** проф. академик (Қазақстан)  
**Стрельцов Е.** проф. (Белорус)  
**Тәшімов Л.Т.** проф., академик (Қазақстан)  
**Тодераш И.** проф., академик (Молдова)  
**Халиков Д.Х.** проф., академик (Тәжікстан)  
**Фарзалиев В.** проф., академик (Әзірбайжан)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.)

Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде 30.04.2010 ж. берілген №1089-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,  
www.nauka-nanrk.kz / chemistry-technology.kz

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2018

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Г л а в н ы й р е д а к т о р  
д.х.н., проф., академик НАН РК **М. Ж. Журинов**

Р е д а к ц и о н н а я к о л л е г и я:

**Агабеков В.Е.** проф., академик (Беларусь)  
**Волков С.В.** проф., академик (Украина)  
**Воротынцев М.А.** проф., академик (Россия)  
**Газалиев А.М.** проф., академик (Казахстан)  
**Ергожин Е.Е.** проф., академик (Казахстан)  
**Жармагамбетова А.К.** проф. (Казахстан), зам. гл. ред.  
**Жоробекова Ш.Ж.** проф., академик (Кыргызстан)  
**Иткулова Ш.С.** проф. (Казахстан)  
**Манташян А.А.** проф., академик (Армения)  
**Пралиев К.Д.** проф., академик (Казахстан)  
**Баешов А.Б.** проф., академик (Казахстан)  
**Буркитбаев М.М.** проф., академик (Казахстан)  
**Джусипбеков У.Ж.** проф. чл.-корр. (Казахстан)  
**Мулдахметов М.З.** проф., академик (Казахстан)  
**Мансуров З.А.** проф. (Казахстан)  
**Наурызбаев М.К.** проф. (Казахстан)  
**Рудик В.** проф., академик (Молдова)  
**Рахимов К.Д.** проф. академик (Казахстан)  
**Стрельцов Е.** проф. (Беларусь)  
**Ташимов Л.Т.** проф., академик (Казахстан)  
**Тодераш И.** проф., академик (Молдова)  
**Халиков Д.Х.** проф., академик (Таджикистан)  
**Фарзалиев В.** проф., академик (Азербайджан)

**«Известия НАН РК. Серия химии и технологии».**

**ISSN 2518-1491 (Online),**

**ISSN 2224-5286 (Print)**

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, 2018

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

## E d i t o r i n c h i e f

doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK **M.Zh. Zhurinov**

## E d i t o r i a l b o a r d :

**Agabekov V.Ye.** prof., academician (Belarus)  
**Volkov S.V.** prof., academician (Ukraine)  
**Vorotyntsev M.A.** prof., academician (Russia)  
**Gazaliyev A.M.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Yergozhin Ye.Ye.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Zharmagambetova A.K.** prof. (Kazakhstan), deputy editor in chief  
**Zhorobekova Sh.Zh.** prof., academician (Kyrgyzstan)  
**Itkulova Sh.S.** prof. (Kazakhstan)  
**Mantashyan A.A.** prof., academician (Armenia)  
**Praliyev K.D.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Bayeshov A.B.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Burkitbayev M.M.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Dzhusipbekov U.Zh.** prof., corr. member (Kazakhstan)  
**Muldakhmetov M.Z.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Mansurov Z.A.** prof. (Kazakhstan)  
**Nauryzbayev M.K.** prof. (Kazakhstan)  
**Rudik V.** prof., academician (Moldova)  
**Rakhimov K.D.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Streltsov Ye.** prof. (Belarus)  
**Tashimov L.T.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Toderash I.** prof., academician (Moldova)  
**Khalikov D.Kh.** prof., academician (Tadjikistan)  
**Farzaliyev V.** prof., academician (Azerbaijan)

**News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of chemistry and technology.**  
**ISSN 2518-1491 (Online),**  
**ISSN 2224-5286 (Print)**

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, 2018

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](mailto: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 427 (2018), 93 – 99

УДК 66.02.071.7

Д.К. Жумадуллаев<sup>1</sup>, А.А. Ешжанов<sup>1</sup>, А.А. Волненко<sup>1</sup>, А.Э. Левданский<sup>2</sup><sup>1</sup> Южно-Казахстанский государственный университет им.М.Ауэзова, г.Шымкент, Казахстан;<sup>2</sup> Белорусский государственный технологический университет, г.Минск, Беларусь  
e.mail: nii\_mm@mail.ru**ЕДИНЫЙ ПОДХОД К РАСЧЕТУ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО  
СОПРОТИВЛЕНИЯ ТРУБЧАТОГО ПУЧКА СМЕСИТЕЛЬНОГО И  
ПОВЕРХНОСТНОГО ТЕПЛООБМЕННИКОВ**

**Аннотация.** Тепломассообменные процессы и аппараты широко используются на предприятиях химической, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, газоперерабатывающей, металлургической, пищевой, химико-фармацевтической и энергетической отраслей Казахстана, а также в производствах агропромышленного комплекса, строительных материалов, в системах пылегазоулавливания.

Существующие конструкции постоянно модернизируются и создаются новые. Известными методами интенсификации тепломассообмена являются режимный и конструктивный. Как показали исследования, наиболее перспективным методом конструктивной интенсификации является метод, использующий закономерности вихревого взаимодействия потоков. Благодаря научно обоснованному выбору расстояний между турбулизирующими элементами, зависящих от их формы и размеров, можно при постоянной скорости потоков изменить режимы взаимодействия фаз или усилить характеристики массо- и теплообмена за счет вихревого перемешивания в пределах одной фазы.

Дан анализ известным данным по обтеканию элементов насадки, расположенных вдоль и поперек потока, и представлены расчетные зависимости для определения степени взаимодействия вихрей в вертикальном и радиальном направлениях. На основании закономерностей взаимодействия вихрей, образующихся при обтекании регулярно расположенных насадочных элементов, создан класс аппаратов с различным типом регулярной насадки.

Установленные закономерности и расчетные зависимости были использованы при едином подходе к расчету гидравлического сопротивления смесительных тепломассообменных и поверхностных теплообменных аппаратов.

**Ключевые слова:** регулярная насадка, вихри, вертикальный шаг, радиальный шаг, синфазность, степень взаимодействия вихрей, гидравлическое сопротивление, смесительные аппараты, поверхностные аппараты.

**Введение.** Тепломассообменные процессы и аппараты широко используются на предприятиях химической, нефтеперерабатывающей, нефтехимической газоперерабатывающей, металлургической, пищевой, химико-фармацевтической и энергетической отраслей Казахстана, а также в производствах агропромышленного комплекса, строительных материалов, в системах пылегазоулавливания. Вместе с тем большое разнообразие применяемых конструкций не всегда удовлетворяет требованиям производства. Одной из основных причин их простаивания и нерентабельности работы является то, что используемая технология и техника обладает высоким материальным и энергетическим индексом. Последний показатель имеет существенное значение в современных условиях рыночной экономики.

Согласно [1] при создании новой техники и технологии необходимо исходить из перспективных направлений научных и проектно-конструкторских работ в конкретной области знания с учетом реальных условий и требований к эксплуатации и изготовлению разработки.

Причем при прогнозировании облика проектируемого объекта необходимо исходить из оценки положительных и отрицательных признаков известных аналогов.

Существуют два подхода к интенсификации теплообмена: режимный и конструктивный.

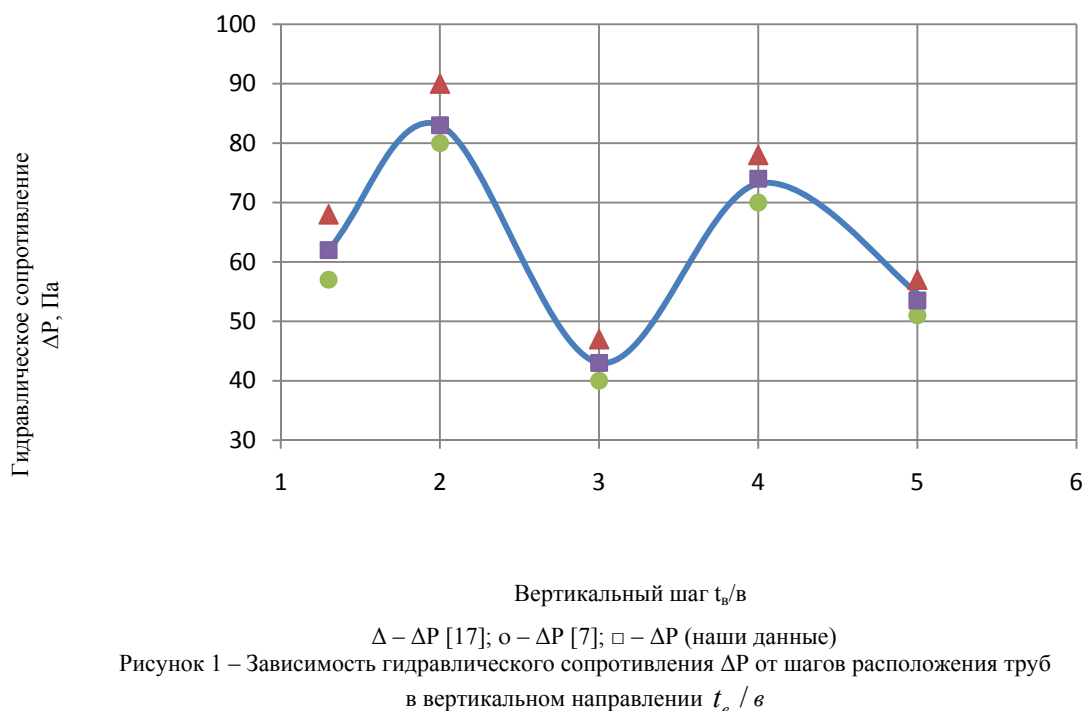
В первом определяющими параметрами являются повышение скоростей потоков. Это направление способствовало созданию аппаратов с прямоточным движением потоков, что привело к резкому и неоправданному увеличению энергетических затрат. В последние годы в Казахстане проводятся исследования [2,3] по целенаправленному управлению физико-химическими свойствами взаимодействующих фаз с целью повышения эффективности процессов тепло- и массопереноса.

Определяющими параметрами конструктивного подхода являются размеры, формы и расположение элементов контактного устройства. Это направление впервые развито в научной школе Южно-Казахстанского государственного университета им. М.О.Ауэзова. Оно основано на научных открытиях [4,5]. Это - перспективный метод интенсификации теплообменных и газоочистных аппаратов. Так, оказалось, что благодаря научно обоснованному выбору расстояний между турбулизирующими элементами, зависящих от их формы и размеров, можно при постоянной скорости потоков изменить режимы взаимодействия фаз. Примером реализации такой задачи является созданный класс аппаратов с регулярной подвижной насадкой. Такие аппараты значительно превосходят широкоприменяемые конструкции теплообменных аппаратов вследствие невысокой энергоемкости при высокой эффективности проводимых процессов, за счет того, что в них заложен принцип создания синфазного режима взаимодействующих фаз.

**Методы исследований.** Для проведения исследований гидравлического сопротивления использовался метод непосредственного измерения с применением чашечного манометра и микроманометра.

**Результаты исследований.** В рамках проводимой нами работы проведены исследования гидравлического сопротивления ( $\Delta P$ ) трубного пучка регулярной структуры в зависимости от режимных и конструктивных параметров, которые сопоставлены с данными, полученными в работах [1,6,7]. В зависимости от скорости газового потока установлены три гидродинамических режима: пленочно-капельный, капельный (развитой турбулентности) и режим брызгоуноса.

Результаты исследований гидравлического сопротивления от шагов расположения труб в вертикальном и радиальном направлениях представлены на рисунках 1 и 2.



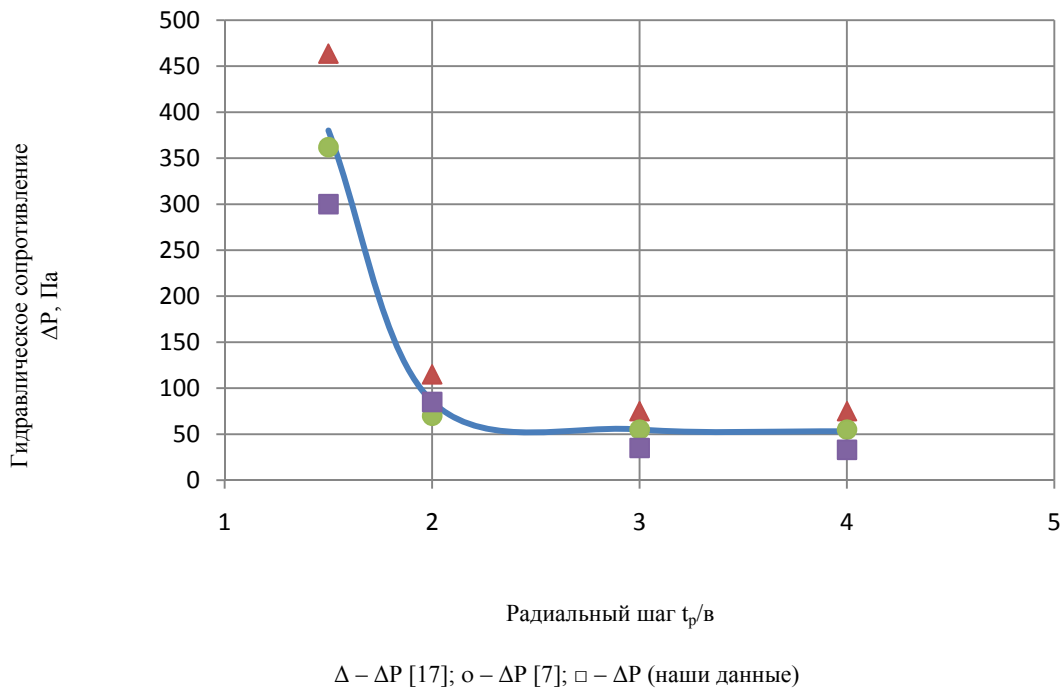


Рисунок 2 – Зависимость гидравлического сопротивления  $\Delta P$  от шагов расположения труб в радиальном направлении  $t_p / \epsilon$

Как видно из рисунка 1 при изменении шагов расположения труб в вертикальном направлении  $t_v/d$  от 2 до 5 кривая зависимости имеет два экстремума приходящиеся на  $t_v/d=2$  и 4. При других значениях шагов наблюдается снижение величин  $\Delta P$ .

При изменении шагов расположения труб в радиальном направлении  $t_p/d$  от 1,5 до 2 (рисунок 2) значение величин гидравлического сопротивления резко снижается, а после  $t_p/d=2$  это снижение незначительно. Объяснением этому является следующее.

В работах [1,8,9-11] рассмотрены механизмы взаимодействия вихрей в слое шаровой насадки, призматических насадочных элементов и пластин. Известно, что за сферическими телами образуются тороидальные вихри и срыв их происходит симметрично. За пластинами, призматическими телами с круглым, квадратным, х-образным, треугольным и т.д. сечением осуществляется несимметричный срыв вихрей. В отличие от образующейся за сферой дорожки вихрей, обладающей периодом движения, след за пластинами и призматическими телами имеет еще и полупериод. В результате этого насадочные элементы, расположенные с шагом в половину меньше, чем при симметричном срыве, будут формировать вихри одновременно.

Для определения степени взаимодействия вихрей, образованных за насадочными элементами, расположенными по ходу движения потока с шагом  $t_\epsilon$  предложено уравнение [1,8]:

$$\theta_\epsilon = 0,85 + 0,15 \sin \left[ \frac{\pi}{2} \left( 4 \frac{t_\epsilon \cdot S \ell}{m_k \cdot \epsilon} + 1 \right) \right]. \quad (1)$$

В результате обработки результатов исследований гидродинамических параметров и анализа данных, представленных в работах [1,8,12-14], нами получены уравнения для определения  $m_k$ :

$$m_k = c(1 - e^{-t_b/b}), \quad (2)$$



где  $c$  - коэффициент, найденный обработкой экспериментальных данных гидродинамических и массообменных характеристик (для примера, у шаров  $c=0,868$ ; цилиндров  $c=0,487$ ; пластинчатых вращающихся элементов круглой формы  $c=0,54$ , квадратной формы  $c=0,326$ ).

Входящее в уравнение (1) число Струхаля  $Sl$ , устанавливает тесную связь между частотой срыва вихрей  $f$ , скоростью потока  $W_\Gamma$  и шириной тела  $b$ , и в определенном интервале чисел Рейнольдса является величиной постоянной, зависящей только от геометрической формы обтекаемого тела. Для шаров  $Sl=0,183$ , для цилиндров  $Sl=0,2$ , пластин  $Sl=0,137 \div 0,157$ .

Важность учета влияния шага расположения обтекаемых твердых тел рядом поперек обтекаемому потоку ( $t_p$ ) отмечено в работах [1,8,11,15,16]. В работе [5] определено некоторое критическое расстояние между твердыми телами, превышение которого приводит к образованию вихрей с частотой, зависящей от характерного размера обтекаемых тел. Расположение твердых тел на расстоянии менее критического приводит к тому, что частоту срыва вихрей определяет не размер обтекаемых тел, а величина зазора, образованного соседними в поперечном направлении элементами. Чем меньше зазор, тем больше частота образования и срыва вихрей. Рост числа образованных вихрей при малых величинах зазора приводит к значительному потреблению энергии потока.

Согласно [5,8] тела, расположенные в одном ряду перпендикулярно к обтекаемому потоку, инициируют образование вихрей с масштабами  $\lambda$ . Для дискретно расположенных тел в одном ряду, перпендикулярно обтекаемому потоку возможны два случая: в первом случае масштаб и частота вихрей определяются шириной тела (при  $t_p \geq 2d_p$   $\lambda=d_p$ ), а во втором случае размером зазора между телами (при  $t_p < 2d_p$   $\lambda=t_p-d_p$ ).

Из условия взаимодействия параллельных вихревых струй следует, что коэффициент, характеризующий степень взаимодействия вихрей в радиальном направлении и учитывающий изменение частоты вихреобразования,  $\theta_p$  может быть определен по формуле:

$$\theta_p = \frac{t_p - \lambda}{t_p - d_p} \quad (3)$$

Среди аппаратов с регулярным расположением насадочных элементов внимание исследователей привлекает аппарат с трубчатой насадкой. Особенностью разработанной и исследованной конструкции аппарата с трубчатой насадкой регулярной структуры является то, что в ней возможно регулирование процесса теплообмена непосредственно в зоне контакта при подаче теплоносителя в трубы. При этом контакт происходит через стенки труб и движение теплоносителя в трубах не влияет на структуру газожидкостного слоя в аппарате.

Аппарат с трубчатой насадкой регулярной структуры относится к большой группе теплообменных аппаратов смесительного типа.

Потери напора потока, затрачиваемые на образование и взаимодействие вихрей в трубчатом пучке аппарата, на изменение направления газового потока, на трение газа о поверхность насадочных элементов и пленку жидкости могут быть вычислены по следующей зависимости [1,6,7,8]:

$$\Delta P_L = \xi_L \cdot \frac{H}{t_e} \cdot \frac{\rho_g W_\Gamma^2}{2\varepsilon_0^2}, \quad (4)$$

где  $H$  - высота насадки, м;  $\rho_g$  - плотность газа, кг/м<sup>3</sup>;  $W_\Gamma$  - скорость газа, м/с;  $\xi_L$  - коэффициент сопротивления, учитывающий потери давления при взаимодействии вихрей в вертикальном и радиальном направлениях, на трение газа о поверхность насадочных элементов и пленку жидкости;  $\varepsilon_0$  - порозность ряда насадки

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{d}{t_p} \quad (5)$$

Обработкой экспериментальных данных  $\Delta P_L$  [6,7,17] получены практически идентичные расчетные зависимости для определения коэффициентов  $\xi_L$ :

$$\xi_L = 0,25 \cdot \theta_\theta \cdot \theta_p \cdot Re_{ж}^{0,1}, \quad (6)$$

В формуле (6)  $Re_{ж}$  – число Рейнольдса:

$$Re_{ж} = \frac{U_{ж} \cdot d_{эКВ}}{\nu_{ж}}, \quad (7)$$

где  $U_{ж} = L/3600$  – скорость жидкости, м/с;  $\nu_{ж}$  – коэффициент кинематической вязкости жидкости, м<sup>2</sup>/с;  $L$  – плотность орошения, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·ч;  $d_{эКВ}$  – эквивалентный диаметр насадки, м.

Для расчета потери давления на трение в межтрубном пространстве поверхностного теплообменника в работах [18-20] предложены уравнения, учитывающие конструктивные и режимные параметры. Нами предложено уравнение, аналогичное по структуре с уравнением (4):

$$\Delta p_{шт} = \lambda_{шт} \cdot \frac{D}{t_\theta} \cdot \frac{\rho_{ж} \cdot W^2}{2} \quad (8)$$

Здесь  $D$  – внутренний диаметр аппарата, м;  $t_\theta$  – шаг расположения труб по ходу движущегося потока.

Для расчета коэффициента  $\lambda_{шт}$  нами предложено уравнение, учитывающее степень взаимодействия вихрей при обтекании труб по ходу и поперек движущегося потока:

$$\lambda_{шт} = 2,275 \cdot \theta_\theta \cdot \theta_p \cdot Re^{-0,2} \quad (9)$$

Входящие в уравнение коэффициенты  $\theta_\theta$  и  $\theta_p$  рассчитываются по формулам (1) и (3).

**Выводы.** Описаны и экспериментально подтверждены механизмы взаимодействия вихрей, образованных за трубами в вертикальном и радиальном направлениях. Показано наличие синфазных режимов при изменении вертикальных шагов и значение критического шага в радиальном направлении, разграничивающего два механизма образования вихрей.

Используя единый подход, предложены уравнения для расчета гидравлического сопротивления смесительных и поверхностных аппаратов, учитывающие степень взаимодействия вихрей.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Волненко А.А. Научные основы разработки и расчета вихревых массообменных и пилеулавливающих аппаратов. Дис.... докт.техн.наук. – Шымкент, 1999. – 300 с.
- [2] Бренер А.М. Конвективный тепломассоперенос при движении жидкости в каналах и пленочной конденсации пара в условиях больших градиентов температуры в химических аппаратах. Дис.... докт.техн.наук. Чимкент, 1993-350с.
- [3] Ташимов Л. Конвективный тепло- и массообмен в пленочных процессах химической технологии / Вопросы моделирования и устойчивости/. – Алматы: Білім, 1999. - 200с.
- [4] Балабеков О.С., Петин В.Ф. Закономерность взаимодействия вихрей, возникающих при отрывном обтекании потоком газа или жидкости дискретно расположенных вдоль него тел /Диплом №144 на открытие. – М. – 2000.
- [5] 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.
- [6] Бекибаев Н.С. Научные основы сопряженных тепло- и массообменных процессов в синфазно-вихревых аппаратах: дис. ... докт. техн. наук. – Шымкент. 2008. – 240 с.

[7] Серикулы Ж. Разработка и расчет теплообменных аппаратов с подвижной насадкой с учетом масштабного перехода: дис. ... доктора PhD. – Шымкент. 2015. -141 с.

[8] Расчет и конструирование теплообменных и пылеулавливающих аппаратов с подвижной и регулярной насадкой /Балабеков О.С., Волненко А.А. – Шымкент, 2015.- 184 с.

[9] Мустафина А.И. Гидродинамика и массообмен в аппарате с регулярной подвижной пластинчатой насадкой в широком диапазоне нагрузок по жидкости. – Дис. ... канд. техн. наук. – М., 1989 – 180с.

[10] Балабеков О.С., Волненко А.А., Серманизов С.С., Мусин Н.А. Принципиальные основы разработки теплообменного оборудования с учетом закономерностей вихреобразования // Современные машины и аппараты химических производств: Сб. тез. докл. IV Всес. научн. конф. – Чимкент, 1988, Ч.2. – С.3 – 5.

[11] Петин В.Ф. Разработка и моделирование массообменного аппарата с регулярной подвижной насадкой на основе импульсного взаимодействия фаз. Дис. ... канд. техн. наук. – М., 1982. – 241с.

[12] Перри Джон Г. Справочник инженер-химика. – Л.: Химия, Ленингр. отд-ние, 1969. – т.1. – 639с.

[13] Fage A. – Johansen, F.C. On the flow of air behind an inclined flat plate of infinite span // Proc. Roy. Soc. – London A, 1927. – V.1. –V.116.

[14] Novak J., Svuss Csc. Vstahy mezi souřinitelem odporu a strouhalovým řísem teles // Strojirenstvi. – 1978. – t.28. – № 5. – P.282 –287.

[15] Раматуллаева Л.И., Волненко А.А., Хусанов Ж.Е., Петин В.Ф. Механизм взаимодействия вихрей в слое регулярных конических пластинчатых элементов //Тр. Межд. науч. конф. «Актуальные проблемы науки и образования в современных условиях». Шымкент: ЮКГИ им. М.Сапарбаева, 2008. – С. 132-135.

[16] Бекибаев Н.С., Волненко А.А., Раматуллаева Л.И. Механизм взаимодействия вихрей при обтекании дискретно расположенных цилиндрических тел //Наука и образование Южного Казахстана. – 2007. - №5-6 (64-65). – С. 146-150.

[17] Сарсенбекулы Д. Методология расчета и проектирования аппаратов с трубчатой насадкой регулярной структуры: дис. ... доктора PhD. – Шымкент. 2017. -143 с.

[18] Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1991. – 496с.

[19] Машины и аппараты химических производств /Под ред. И.И. Чернобыльского. - М.: Машиностроение, 1975. - 454с.

[20] Машины и аппараты химических производств: Примеры и задачи. /И.В.Доманский, В.П.Исаков, Г.М.Островский и др.; Под общ. ред. В.Н. Соколова – Л.: Машиностроение, 1982. – 384с.

**Жумадуллаев Д.К.<sup>1</sup>, Ешжанов А.А.<sup>1</sup>, Волненко А.А.<sup>1</sup>, Левданский А.Э.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент қ., Қазақстан;

<sup>2</sup> Белорусь мемлекеттік технологиялық университеті, Минск қ., Беларусь

## **БЕТТІК ЖӘНЕ АРАЛАСТЫРҒЫШТЫҚ ЖЫЛУ АЛМАСТЫРҒЫШТАРДЫҢ ҚҰБЫРЛЫ ШОҒЫРЫНДАҒЫ ГИДРАВЛИКАЛЫҚ КЕДЕРГІНІ ЕСЕПТЕУДІҢ БІРЫҢҒАЙ ТӘСІЛДЕМЕСІ**

**Аннотация.** Жылуалмасу процестері мен құрылғылары Қазақстанның химия, мұнай өңдеу, мұнай-химия, газ өңдеу, металлургия, азық-түлік, химия-фармацевтика және энергетика салаларында, сондай-ақ агроөнеркәсіптік кешенде, құрылыс материалдарында, шаң мен газ ұстау жүйелерінде кеңінен қолданылады.

Қолданыстағы құрылымдар үнемі модернизацияланады және жанасы құрылады. Жылуалмасуды қарқындатудың белгілі әдістері режимді және конструктивті болып табылады. Зерттеулер көрсеткендей, конструктивті қарқындылықтың ең перспективалы тәсілі ағындардың құйындылық әрекеттесу заңдарын қолданатын әдіс. Өздерінің пішіні мен өлшеміне тәуелді турбулентті элементтер арасындағы қашықтықты ғылыми тұрғыдан негізделген таңдау арқасында фазалық өзара әрекеттесу режимдерін тұрақты ағынмен өзгертуге немесе бір фаза аясында құйынды араластырудың арқасында масса мен жылу алмасу сипаттамаларын жақсартуға болады.

Саптама элементтері айналасында және ағын бойында орналасқан ағындар туралы белгілі деректерге талдау жүргізілді және құйындардың тік және радиалды бағыттардағы өзара әрекеттесу дәрежесін анықтауға есептік тәуелділіктері ұсынылды. Тұрақты орналасқан саптамалық элементтерді бойлай ағу барысында қалыптасқан құйындардың өзара әрекеттесу заңдылықтарына негізделген, әр түрлі тұрақты саптамалары бар аппарат класы жасалды.

Белгіленген заңдылықтар мен есептемелік тәуелділіктер араластырғыштық жылуалмасу және беттік жылуалмасу аппараттарындағы гидравликалық кедергіні есептеудің бірыңғай тәсілдемесінде пайдаланылды.

**Түйін сөздер:** тұрақты саптама, құйындар, тік қадам, радиалды қадам, синфазалық, құйындардың өзара әрекеттесу дәрежесі, гидравликалық кедергі, араластырғыш құрылғылар, беттік құрылғылар.

D.K. Zhumadullaev<sup>1</sup>, A.A. Yeshzhanov<sup>1</sup>, A.A. Volnenko<sup>1</sup>, A.E. Levanskiy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

<sup>2</sup>Belorussian State Technological University, Minsk, Belarus

*e.mail: nii\_mm@mail.ru*

### COMMON APPROACH TO THE CALCULATION OF HYDRAULIC RESISTANCE OF A HOLLOW BEAM OF CONTACT AND SURFACE HEAT EXCHANGERS

**Abstract.** Heat and mass transfer processes and apparatus are widely used at the enterprises of chemical, oil refining, petrochemical, gas processing, metallurgical, food, chemical-pharmaceutical and energy industries in Kazakhstan, as well as in the agro-industrial complex, building materials production, dust and gas collection systems.

The existing designs are being constantly modernized, with the new ones being created. The known methods of heat and mass transfer intensification are the operating and the design ones. As the research has shown, the most promising method of design intensification is the method, using the laws of vortex interaction of flows. Due to the scientifically substantiated choice of distances between the turbulence creating elements, depending on their shape and size, it is possible to change the phase interaction modes at a constant flow rate or to improve the mass and heat transfer characteristics due to the vortex mixing within a single phase.

There has been done the analysis of the known data on streamlining around the packing elements, arranged along and across the flow, with the calculated dependences given for determination of the vortex interaction degree in the vertical and radial directions. On the basis of the laws of interaction of vortices, being formed during streamlining around regularly arranged packing elements, there has been created a class of apparatus with different types of regular packing.

The established regularities and calculated dependencies have been used in the common approach to the calculation of hydraulic resistance of contact heat and mass transfer and surface heat exchange apparatus.

**Keywords:** regular packing, vortices, vertical pitch, radial pitch, in-phase operation, vortex interaction degree, hydraulic resistance, contact apparatus, surface apparatus.

---



---

**МАЗМҰНЫ**

<i>Ерғожин Е.Е., Бектенов Н.Ә., СенГупта Арун К., Байдуллаева А.Қ., Садықов Қ.А., Әбдралиева Г.Е., Қалмуратова К.М., Рыспаева С.Б.</i> Эпоксикакрилат пен комплексондар негізіндегі жаңа комплекстүзгіш ион алмастырғыштар арқылы стронций иондарын сорбциялау (ағылшын тілінде).....	6
<i>Ауелханқызы М., Славинская Н.А., Шабанова Т.А., Мансуров З.А.</i> Алленнің тотығуын және пиролизін модельдік зерттеу (ағылшын тілінде).....	12
<i>Еишжанов А.А., Волненко А.А., Левданский А.Э., Корганбаев Б.Н.</i> Құрамалы тұрақты - қалықтамалы саптаманың эквивалентті диаметрін есептеуге (ағылшын тілінде).....	20
<i>Жумадуллаев Д.К., Еишжанов А.А., Волненко А.А., Левданский А.Э.</i> Беттік және араластырғыштық жылу алмастырғыштардың құбырлы шоғырындағы гидравликалық кедергіні есептеудің бірінғай тәсілдемесі (ағылшын тілінде) .....	25
<i>Савденбекова Б.Е., Оспанова А.К., Уваров Н.Ф.</i> Инженерлік технологияда белгілі бір мақсатты қасиетке ие перспективалық композитті материалдарды алу үшін мультижинақтау әдісін (LBL) қолдану (ағылшын тілінде).....	31
<i>Альчинбаева О., Сарбаева Қ.</i> Адам ағзасына химиялық ағартқыш заттарының әсері (ағылшын тілінде).....	38
<i>Үмбетова А.К., Слан Г.О., Омарова А.Т., Бурашева Г.Ш., Абидкулова К.Т.</i> Алматы өңіріндегі <i>Atraphaxis virgata</i> өсімдігінің химиялық құрамын зерттеу (ағылшын тілінде).....	42
<i>Баешов Ә.Б., Нұрділлаева Р.Н., Ташкенбаева Н.Ж., Өзлер М.Ә.</i> Айнымалы токпен поляризацияланған тот баспайтын болаттың еруі (ағылшын тілінде).....	46
<i>Көмекбай Ж.Н., Халменова З.Б., Үмбетова А.К., Бисенбай А.Ф.</i> <i>Melissa officinalis L</i> өсімдігі негізінде фитохимиялық анализ жасау және биологиялық белсенді кешен алу (ағылшын тілінде).....	53
<i>Мамырбекова А., Баешов А.Б., Касымова М.К., Мамырбекова А.</i> Микроорганизмдердің өсуіне газ тасымалдау қызметі бар перфтордекалиннің әсері (ағылшын тілінде).....	59
<i>Еспанова И.Д., Жусупова Л.А., Тапалова А.С., Аппазов Н.О.</i> Гексен-1 мен бутан қышқылының косылу реакциясын микротолқындық белсендіру (ағылшын тілінде).....	63
<i>Надиоров Н.К., Некрасов В.Г., Солодова Е.В., Срымов Т., Суханбердиева Д.Т., Құлторе М.А.</i> Жаңа буын жылыжайы (ағылшын тілінде).....	70

\* \* \*

<i>Ерғожин Е.Е., Бектенов Н.Ә., СенГупта Арун К., Байдуллаева А.Қ., Садықов Қ.А., Әбдралиева Г.Е., Қалмуратова К.М., Рыспаева С.Б.</i> Эпоксикакрилат пен комплексондар негізіндегі жаңа комплекстүзгіш ион алмастырғыштар арқылы стронций иондарын сорбциялау (орыс тілінде).....	81
<i>Еишжанов А.А., Волненко А.А., Левданский А.Э., Корганбаев Б.Н.</i> Құрамалы тұрақты - қалықтамалы саптаманың эквивалентті диаметрін есептеуге (орыс тілінде).....	87
<i>Жумадуллаев Д.К., Еишжанов А.А., Волненко А.А., Левданский А.Э.</i> Беттік және араластырғыштық жылу алмастырғыштардың құбырлы шоғырындағы гидравликалық кедергіні есептеудің бірінғай тәсілдемесі (орыс тілінде).....	93
<i>Савденбекова Б.Е., Оспанова А.К., Уваров Н.Ф.</i> Инженерлік технологияда белгілі бір мақсатты қасиетке ие перспективалық композитті материалдарды алу үшін мультижинақтау әдісін (LBL) қолдану (орыс тілінде).....	100
<i>Үмбетова А.К., Слан Г.О., Омарова А.Т., Бурашева Г.Ш., Абидкулова К.Т.</i> Алматы өңіріндегі <i>Atraphaxis virgata</i> өсімдігінің химиялық құрамын зерттеу (қазақ тілінде).....	109
<i>Көмекбай Ж.Н., Халменова З.Б., Үмбетова А.К., Бисенбай А.Ф.</i> <i>Melissa officinalis L</i> өсімдігі негізінде фитохимиялық анализ жасау және биологиялық белсенді кешен алу (орыс тілінде).....	114
<i>Надиоров Н.К., Некрасов В.Г., Солодова Е.В., Срымов Т., Суханбердиева Д.Т., Құлторе М.А.</i> Жаңа буын жылыжайы (орыс тілінде).....	122

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Ергожин Е.Е., Бектенов Н.А., СенГупта Арун К., Байдуллаева А.К., Садыков К.А., Абдралиева Г.Е., Калмуратова К.М., Рыспаева С.Б.</i> Сорбция ионов стронция новыми комплексообразующими ионитами на основе эпоксиакрилатов и Комплексонов (на английском языке).....	6
<i>Ауелханкызы М., Славинская Н.А., Шабанова Т.А., Мансуров З.А.</i> Моделирование окисления и пиролиза аллена (на английском языке).....	12
<i>Еишжанов А.А., Волненко А.А., Левданский А.Э., Корганбаев Б.Н.</i> К расчету эквивалентного диаметра комбинированной регулярно–взвешенной насадки (на английском языке).....	20
<i>Жумадуллаев Д.К., Еишжанов А.А., Волненко А.А., Левданский А.Э.</i> Единый подход к расчету гидравлического сопротивления трубчатого пучка смесительного и поверхностного теплообменников (на английском языке) .....	25
<i>Савденбекова Б.Е., Оспанова А.К., Уваров Н.Ф.</i> Применение метода мультислойной сборки (LBL) в инженерных технологиях для получения перспективных композитных материалов с целенаправленными свойствами (на английском языке).....	31
<i>Альчинбаева О., Сарбаева К.</i> Негативное влияние химических отбеливателей на организм человека (на английском языке).....	38
<i>Умбетова А.К., Слан Г.О., Омарова А.Т., Бурашева Г.Ш., Абидулова К.Т.</i> Исследование химического состава <i>Atraphaxis virgata</i> алматинского региона (на английском языке).....	42
<i>Башов А.Б., Нурдиллаева Р.Н., Ташкенбаева Н.Ж., Озлер М.А.</i> Растворение нержавеющей стали при поляризации переменным током (на английском языке).....	46
<i>Комекбай Ж.Н., Халменова З.Б., Умбетова А.К., Бисенбай А.Г.</i> Фитохимический анализ и разработка получения биологически активного комплекса на основе сырья <i>melissa officinalis L</i> (на английском языке).....	53
<i>Мамырбекова А., Башов А.Б., Касымова М.К., Мамырбекова А.</i> Влияние перфтордекалина с газотранспортной функцией на рост микроорганизмов (на английском языке).....	59
<i>Еспанова И.Д., Жусупова Л.А., Тапалова А.С., Аппазов Н.О.</i> Микроволновая активация реакции присоединения гексен-1 и бутановой кислоты (на английском языке).....	63
<i>Надиров Н.К., Некрасов В.Г., Солодова Е.В., Срымов Т., Суханбердиева Д.Т., Култоре М.А.</i> Теплицы нового поколения (на английском языке).....	70

\* \* \*

<i>Ергожин Е.Е., Бектенов Н.А., СенГупта Арун К., Байдуллаева А.К., Садыков К.А., Абдралиева Г.Е., Калмуратова К.М., Рыспаева С.Б.</i> Сорбция ионов стронция новыми комплексообразующими ионитами на основе эпоксиакрилатов и комплексонов (на русском языке) .....	81
<i>Еишжанов А.А., Волненко А.А., Левданский А.Э., Корганбаев Б.Н.</i> К расчету эквивалентного диаметра комбинированной регулярно–взвешенной насадки (на русском языке).....	87
<i>Жумадуллаев Д.К., Еишжанов А.А., Волненко А.А., Левданский А.Э.</i> Единый подход к расчету гидравлического сопротивления трубчатого пучка смесительного и поверхностного теплообменников (на русском языке).....	93
<i>Савденбекова Б.Е., Оспанова А.К., Уваров Н.Ф.</i> Применение метода мультислойной сборки (LBL) в инженерных технологиях для получения перспективных композитных материалов с целенаправленными свойствами (на русском языке).....	100
<i>Умбетова А.К., Слан Г.О., Омарова А.Т., Бурашева Г.Ш., Абидулова К.Т.</i> Исследование химического состава <i>Atraphaxis virgata</i> алматинского региона (на казахском языке).....	109
<i>Комекбай Ж.Н., Халменова З.Б., Умбетова А.К., Бисенбай А.Г.</i> Фитохимический анализ и разработка получения биологически активного комплекса на основе сырья <i>Melissa officinalis L</i> . (на русском языке).....	114
<i>Надиров Н.К., Некрасов В.Г., Солодова Е.В., Срымов Т., Суханбердиева Д.Т., Култоре М.А.</i> Теплицы нового поколения (на русском языке).....	122

## CONTENTS

<i>Ergozhin E.E., Bektenov N.A., SenGupta Arup K., Baidullaeva A.K., Sadykov K.A., Abdralieva G. E., Kalmuratova K.M., Ryspaeva S.B.</i> Sorption of ions strontium with new complex - forming ionites on the basis of epoxyacrylates and Complexones (in English).....	6
<i>Auyelkhankyzy M., Slavinskaya N., Shabanova T.A., Mansurov Z.</i> A modeling study of allene oxidation and pyrolysis (in English).....	12
<i>Yeshzhanov A.A., Volnenko A.A., Levdanskiy A.E., Korganbayev B.N.</i> To calculating the equivalent diameter of a combined regular-suspended packing (in English).....	20
<i>Zhumadullaev D.K., Yeshzhanov A.A., Volnenko A.A., Levdanskiy A.E.</i> Common approach to the calculation of hydraulic resistance of a tube bank of contact and surface heat exchangers (in English).....	25
<i>Savdenbekova B.E., Ospanova A.K., Uvarov N.F.</i> Application of the multilayer assembly (LBL) method in engineering technologies for obtaining perspective composite materials with purpose properties (in English).....	31
<i>Alchinbayeva O., Sarbayeva K.</i> Negative effect of chemical bleachers on the human organism (in English).....	38
<i>Umbetova A.K., Slan G.O., Omarova A.T., Burasheva G.Sh., Abidkulova K. T.</i> The study of chemical composition of <i>Atraphaxis virgata</i> from the almaty region (in English) .....	42
<i>Bayeshov A.B., Nurdillayeva R.N., Tashkenbayeva N.Zh., Ozler M.A.</i> Dissolution of stainless steel under alternating current polarization (in English) .....	46
<i>Komekbay Zh. N., Halmenova Z. B., Umbetova A. K., Bisenbay A.G.</i> Phytochemical analysis and development of production of biologically active complex on the basis of raw <i>Melissa officinalis</i> L (in English).....	53
<i>Mamyrbekova A., Bayeshov A.B., Kasymova M.K., Mamyrbekova A.</i> Influence of perfluorodecalin with gas transport function on growth of microorganisms (in English).....	59
<i>Yespanova I.D., Zhusupova L.A., Tapalova A.S., Appazov N.O.</i> Microwave activation of addition of 1-hexene and butanoic acid reaction (in English) .....	63
<i>Nadirov N.K., Nekrasov V.G., Solodova Y.V., Srymov T., Suhanberdieva D.T., Kultore M.A.</i> Hothouses of new generation (in English).....	70

\* \* \*

<i>Ergozhin E.E., Bektenov N.A., SenGupta Arup K., Baidullaeva A.K., Sadykov K.A., Abdralieva G. E., Kalmuratova K.M., Ryspaeva S.B.</i> Sorption of ions strontium with new complex - forming ionites on the basis of epoxyacrylates and complexones (in Russian) .....	81
<i>Yeshzhanov A.A., Volnenko A.A., Levdanskiy A.E., Korganbayev B.N.</i> To calculating the equivalent diameter of a combined regular-suspended packing (in Russian).....	87
<i>Zhumadullaev D.K., Yeshzhanov A.A., Volnenko A.A., Levdanskiy A.E.</i> Common approach to the calculation of hydraulic resistance of a hollow beam of contact and surface heat exchangers (in Russian).....	93
<i>Savdenbekova B.E., Ospanova A.K., Uvarov N.F.</i> Application of the multilayer assembly (LBL) method in engineering technologies for obtaining perspective composite materials with purpose properties (in Russian).....	100
<i>Umbetova A.K., G.O. Slan, Omarova A.T., Burasheva G.Sh., Abidkulova K. T.</i> The study of chemical composition of <i>Atraphaxis virgata</i> from the almaty region (in Kazakh).....	109
<i>Komekbay Zh. N., Halmenova Z. B., Umbetova A. K., Bisenbay A.G.</i> Phytochemical analysis and development of production of biologically active complex on the basis of raw <i>Melissa officinalis</i> L. (in Russian).....	114
<i>Nadirov N.K., Nekrasov V.G., Solodova Y.V., Srymov T., Suhanberdieva D.T., Kultore M.A.</i> Hothouses of new generation (in Russian).....	122

## **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](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/>

**ISSN 2518-1491 (Online), ISSN 2224-5286 (Print)**

Редакторы: *М. С. Ахметова, Т. А. Апендиев, Аленов Д.С.*  
Верстка на компьютере *А.М. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 13.02.2018.  
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
7,8 п.л. Тираж 300. Заказ 1.