

ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

2017 • 1

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

REPORTS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ЖУРНАЛ 1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН

ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1944 г.

PUBLISHED SINCE 1944



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:

Адекенов С.М. проф., академик (Қазақстан) (бас ред. орынбасары)
Боос Э.Г. проф., академик (Қазақстан)
Величкин В.И. проф., корр.-мүшесі (Ресей)
Вольдемар Вуйцик проф. (Польша)
Гончарук В.В. проф., академик (Украина)
Гордиенко А.И. проф., академик (Белорус)
Дука Г. проф., академик (Молдова)
Илолов М.И. проф., академик (Тәжікстан),
Леска Богуслава проф. (Польша),
Локшин В.Н. проф. чл.-корр. (Қазақстан)
Нараев В.Н. проф. (Ресей)
Неклюдов И.М. проф., академик (Украина)
Нур Изура Удзир проф. (Малайзия)
Перни Стефано проф. (Ұлыбритания)
Потапов В.А. проф. (Украина)
Прокопович Полина проф. (Ұлыбритания)
Омбаев А.М. проф. (Қазақстан)
Өтелбаев М.О. проф., академик (Қазақстан)
Садыбеков М.А. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Сатаев М.И. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Северский И.В. проф., академик (Қазақстан)
Сикорски Марек проф., (Польша)
Рамазанов Т.С. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Қазақстан), бас ред. орынбасары
Харин С.Н. проф., академик (Қазақстан)
Чечин Л.М. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Харун Парлар проф. (Германия)
Энджун Гао проф. (Қытай)
Эркебаев А.Э. проф., академик (Қырғыстан)

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»
ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.)
Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде 01.06.2006 ж.
берілген №5540-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 2000 дана.

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

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2017

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

Главный редактор
д.х.н., проф., академик НАН РК **М. Ж. Журинов**

Редакционная коллегия:

Адекенов С.М. проф., академик (Казахстан) (зам. гл. ред.)
Боос Э.Г. проф., академик (Казахстан)
Величкин В.И. проф., чл.-корр. (Россия)
Вольдемар Вуйцик проф. (Польша)
Гончарук В.В. проф., академик (Украина)
Гордиенко А.И. проф., академик (Беларусь)
Дука Г. проф., академик (Молдова)
Илолов М.И. проф., академик (Таджикистан),
Леска Богуслава проф. (Польша),
Локшин В.Н. проф. чл.-корр. (Казахстан)
Нараев В.Н. проф. (Россия)
Неклюдов И.М. проф., академик (Украина)
Нур Изура Удзир проф. (Малайзия)
Перни Стефано проф. (Великобритания)
Потапов В.А. проф. (Украина)
Прокопович Полина проф. (Великобритания)
Омбаев А.М. проф. (Казахстан)
Отелбаев М.О. проф., академик (Казахстан)
Садьбеков М.А. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Сатаев М.И. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Северский И.В. проф., академик (Казахстан)
Сикорски Марек проф., (Польша)
Рамазанов Т.С. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Казахстан), зам. гл. ред.
Харин С.Н. проф., академик (Казахстан)
Чечин Л.М. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Харун Парлар проф. (Германия)
Энджун Гао проф. (Китай)
Эркебаев А.Э. проф., академик (Кыргызстан)

«Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан»

ISSN 2518-1483 (Online),

ISSN 2224-5227 (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 №5540-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 2000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г.Алматы, ул.Шевченко, 28, ком.218-220, тел. 272-13-19, 272-13-18

<http://nauka-nanrk.kz> reports-science.kz

©Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017 г.

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

E d i t o r i n c h i e fdoctor of chemistry, professor, academician of NAS RK **M.Zh. Zhurinov****E d i t o r i a l b o a r d:****Adekenov S.M.** prof., academician (Kazakhstan) (deputy editor in chief)**Boos E.G.** prof., academician (Kazakhstan)**Velichkin V.I.** prof., corr. member (Russia)**Voitsik Valdemar** prof. (Poland)**Goncharuk V.V.** prof., academician (Ukraine)**Gordiyenko A.I.** prof., academician (Belarus)**Duka G.** prof., academician (Moldova)**Ilov M.I.** prof., academician (Tadjikistan),**Leska Boguslava** prof. (Poland),**Lokshin V.N.** prof., corr. member. (Kazakhstan)**Narayev V.N.** prof. (Russia)**Nekludov I.M.** prof., academician (Ukraine)**Nur Izura Udzir** prof. (Malaysia)**Perni Stephano** prof. (Great Britain)**Potapov V.A.** prof. (Ukraine)**Prokopovich Polina** prof. (Great Britain)**Ombayev A.M.** prof. (Kazakhstan)**Otelbayv M.O.** prof., academician (Kazakhstan)**Sadybekov M.A.** prof., corr. member. (Kazakhstan)**Satayev M.I.** prof., corr. member. (Kazakhstan)**Severskyi I.V.** prof., academician (Kazakhstan)**Sikorski Marek** prof., (Poland)**Ramazanov T.S.** prof., corr. member. (Kazakhstan)**Takibayev N.Zh.** prof., academician (Kazakhstan), deputy editor in chief**Kharin S.N.** prof., academician (Kazakhstan)**Chechin L.M.** prof., corr. member. (Kazakhstan)**Kharun Parlar** prof. (Germany)**Endzhun Gao** prof. (China)**Erkebayev A.Ye.** prof., academician (Kyrgyzstan)**Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.****ISSN 2224-5227****ISSN 2518-1483 (Online),****ISSN 2224-5227 (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 5540-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of.219-220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://nauka-nanrk.kz> / reports-science.kz

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2017

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

L.M.Musabekova¹, A.T.Kalbayeva¹, O.S.Balabekov²,
S.D.Kurakbayeva¹, G.Zh. Elbergenova¹

¹South Kazakhstan state university named after M.O. Auezov, Shymkent, Kazakhstan;

²South Kazakhstan State Pedagogical Institute, Shymkent, Kazakhstan
mleyla@bk.ru, kalbaeva@mail.ru, sevam@mail.ru

CONCENTRATION OSCILLATIONS AND MOVING FRONTS IN THE CHEMICAL REACTORS. MATHEMATICAL MODELS AND THEIR ANALYSIS

Abstract. The paper deals with the simulation of kinetic regimes in chemical reactors for two cases: the absorption process with the moving front, accompanied by an instantaneous chemical reaction and transition regimes in through-reactors with multi-stage autocatalytic reactions.

In the first case paper deals with a problem of gas absorption accompanied by an instantaneous, irreversible reaction in the liquid layer taking into account the influence of reaction resulting product on the arising and velocity of a moving reaction plane. The effect of such factors as gas phase diffusion resistance, absorbed component concentration in gas phase, active component concentration in liquid, and values of the direction and cross diffusion coefficients has been investigated. It is shown that surface concentration of a reaction resulting product reaches its maximum value in the moment when reaction plane starts moving into the liquid depth. The results obtained are likely to be of useful for chemical engineering science.

In the second case approximate relations for calculating velocities of wave concentration fronts under the system non-ideality have been obtained. It was shown that non-ideality led to increasing wave front velocity in the transition regime. The results of the research can be used in the engineering method of calculating the intensity of the processes of chemical transformations and optimal working volume of non-isothermal reactor and for the design of various chemical apparatuses.

Key words: modelling of chemical reactors, moving front, instant chemical reaction, recycle, autocatalytic two-stage reactor, Belousov-Zhabotinsky reaction

УДК536.248.2

Л.М.Мусабекова¹, А.Т.Калбаева¹, О.С.Балабеков²,
С.Д.Куракбаева¹, Г.Ж. Ельбергенова¹

¹Южно-Казахстанский государственный университет им.М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан;

² Южно-Казахстанский государственный педагогический институт, Шымкент, Казахстан

КОНЦЕНТРАЦИОННЫЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ И ПОДВИЖНЫЕ ФРОНТЫ В ХИМИЧЕСКИХ РЕАКТОРАХ. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ИХ АНАЛИЗ

Аннотация. В статье рассматривается моделирование кинетических режимов в химических реакторах для двух случаев: процесса абсорбции с движущимся фронтом, сопровождающейся мгновенной химической реакцией и переходных режимов в проточных реакторах с многостадийными автокаталитическими реакциями.

В первом случае в статье рассматривается проблема абсорбции газа, сопровождающейся мгновенной необратимой реакцией в слое жидкости с учетом влияния реакции получаемого продукта на скорость движущегося фронта реакции. Было исследовано влияние таких факторов, как сопротивление диффузии

газовой фазы, концентрация абсорбируемого компонента в газовой фазе, концентрации активного компонента в жидкости, а также значения прямых и перекрестных коэффициентов диффузии. Показано, что поверхностная концентрация реакции полученного продукта достигает максимального значения в тот момент, когда фронт реакции начинает двигаться в глубину жидкости. Полученные результаты могут быть полезны для инженерной химической науки.

Во втором случае были получены приближенные соотношения для расчета скорости концентрационных волновых фронтов для неидеальной системы в переходных колебательных режимах. Было показано, что неидеальность привела к увеличению скорости волнового фронта в переходном режиме. Результаты исследования могут быть использованы в методике инженерного расчета интенсивности процессов химических превращений и оптимального рабочего объема неизотермического реактора и при проектировании различных химических аппаратов.

Ключевые слова: моделирование химических реакторов, движущийся фронт, мгновенная химическая реакция, рецикл, автокаталитический двухкаскадный реактор, реакция Белоусова-Жаботинского.

Введение

Моделирование химических реакторов для осуществления сложных физико – химических процессов требует учета особенностей кинетики химических превращений и условий протекания тепло- и массопереноса. При этом зачастую правильный выбор модельной системы позволяет добиться большей общности выводов и дать возможность создать методы расчета широкого класса систем и реакторов.

В работе рассмотрено моделирование для двух случаев: процесса абсорбции с подвижным фронтом, сопровождающейся мгновенной химической реакцией, и переходных режимов в проточных реакторах с многостадийным механизмом химической реакции, сопровождающихся режимами концентрационных осцилляций.

1. Моделирование подвижных фронтов в проточных химических реакторах

Рассматривается процесс хемосорбции, в котором может возникнуть подвижный концентрационный фронт реакции:



Компонент B является активным компонентом, изначально присутствующим в слое жидкости в растворенном виде. Компонент A диффундирует из глубины газовой фазы к поверхности раздела жидкой и газовой фаз и до определенного момента не может проникнуть в глубь жидкого слоя, поскольку уже на поверхности раздела жидкой и газовой фаз происходит мгновенная химическая реакция и образуется новый компонент E .

Как только происходит исчерпывание компонента B вблизи поверхности раздела, фронт реакции начинает перемещаться с некоторой скоростью в глубину слоя жидкости. Однако скорость его перемещения не постоянна, а изменяется во времени. В этот момент концентрации компонентов A и B на поверхности фронта реакции равны нулю, имеет место только диффузия компонентов A и B в жидком слое, которая лимитирует скорость процесса.

Процесс хемосорбции рассматривается во временном интервале [1]. При моделировании диффузионных процессов используем понятие о практических коэффициентах диффузии. Данный подход при описании многокомпонентной диффузии в жидкой фазе удобен, чем использование уравнений Максвелла-Стефана, поскольку дает явное выражение для потоков компонентов через их градиенты. Ранее мы принимали, что при малых концентрациях химически активной примеси B в растворе, что и реализуется в большинстве хемосорбционных процессов, практические коэффициенты диффузии можно считать постоянными [2-3].

Однако это не всегда адекватно отвечает модели процесса. Таким образом, при описании модели не учитывается межмолекулярное взаимодействие. Для неидеальной системы, т.е. для учета межмолекулярного взаимодействия необходимо использовать зависимость коэффициента диффузии от концентрации компонента [4] и параметр W_{AX} , учитывающий межмолекулярное взаимодействие:

$$\tilde{D} = D_i (1 - 2w_{AX} X), \quad (2)$$

$$w_{AX} = \kappa [2\varepsilon_{AX} - (\varepsilon_{AA} + \varepsilon_{XX})], \quad (3)$$

где \tilde{D} - коэффициент диффузии компонента в реальной системе; D_i - коэффициент диффузии для идеальной системы; $\varepsilon_{AX}, \varepsilon_{AA}, \varepsilon_{XX}$ - энергии взаимодействия соответственно между молекулами реагентов A и X , A и A , X и X ; κ - параметр, зависящий от модели жидкого состояния, X - в данном случае жидкая среда, A - диффундирующий компонент, в нашем случае компоненты A, B, E, X - среда.

Потоки компонентов B и E в жидкой фазе описываются следующими уравнениями, с учетом перекрестных диффузионных потоков:

$$\begin{aligned} j_B &= -\tilde{D}_{BB} \frac{\partial C_B}{\partial X} - \tilde{D}_{BE} \frac{\partial C_E}{\partial X}, \\ j_E &= -\tilde{D}_{EB} \frac{\partial C_B}{\partial X} - \tilde{D}_{EE} \frac{\partial C_E}{\partial X}. \end{aligned} \quad (4)$$

Рассмотрим начальный период процесса абсорбции, когда фронт реакции совпадает с межфазной границей и в слое жидкости отсутствуют источники массы. Тогда в жидкой фазе при $X > 0$ ($X = 0$ – поверхность раздела фаз) справедливы законы сохранения масс компонентов B и E . Данное условие записывается следующим образом:

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_B}{\partial t} + \nabla j_B &= 0, \\ \frac{\partial C_E}{\partial t} + \nabla j_E &= 0. \end{aligned} \quad (5)$$

С учетом выражений (3) и (4) получаем уравнения конвективной диффузии компонентов B и E , справедливые при $X > 0, t > 0$:

$$\begin{aligned} \tilde{D}_{BB} \frac{\partial^2 C_B}{\partial^2 X} + \tilde{D}_{BE} \frac{\partial^2 C_E}{\partial^2 X} &= \frac{\partial C_B}{\partial t}, \\ \tilde{D}_{EB} \frac{\partial^2 C_B}{\partial^2 X} + \tilde{D}_{EE} \frac{\partial^2 C_E}{\partial^2 X} &= \frac{\partial C_E}{\partial t}. \end{aligned} \quad (6)$$

В начальной стадии процесса, т.е. до момента начала движения фронта реакции вглубь жидкой фазы, концентрация компонента A в жидкой фазе равна нулю, а потому равна нулю и равновесная концентрация C_A^* в газовой фазе. При этом компоненты B и E предполагаются нелетучими. Уравнения молекулярной диффузии компонентов A и E , справедливые при $X > 0, t > t^*$:

$$\begin{aligned} \tilde{D}_{AA} \frac{\partial^2 C_A}{\partial^2 X} + \tilde{D}_{AE} \frac{\partial^2 C_E}{\partial^2 X} &= \frac{\partial C_A}{\partial t}, \\ \tilde{D}_{EA} \frac{\partial^2 C_A}{\partial^2 X} + \tilde{D}_{EE} \frac{\partial^2 C_E}{\partial^2 X} &= \frac{\partial C_E}{\partial t}. \end{aligned} \quad (7)$$

Выражения для граничных условий для компонентов B и E при $X = 0$:

$$\tilde{D}_{BB} \frac{\partial C_B}{\partial X} + \tilde{D}_{BE} \frac{\partial C_E}{\partial X} = \alpha C_{A\infty}, \quad \text{при } t > 0, \quad (8)$$

$$\tilde{D}_{EB} \frac{\partial C_B}{\partial X} + \tilde{D}_{EE} \frac{\partial C_E}{\partial X} = -2\alpha C_{A\infty},$$

$$\frac{\partial C_E}{\partial X} = 0, \quad t > t^*. \quad (9)$$

Граничные условия (8) показаны для момента времени, когда на свободной поверхности происходит химическая реакция и образуется вещество E .

Системы уравнений (6), (7) с граничными условиями решаем с помощью преобразования Лапласа. Тогда решение системы уравнений (6), (7) с учетом преобразованных граничных условий [5] представим в виде:

$$y_1 = C_1 e^{h_1 x} + C_2 e^{h_2 x} + \frac{b}{p}, \quad (10)$$

$$y_2 = C_3 e^{h_1 x} + C_4 e^{h_2 x}.$$

Получаем расчетные выражения для концентраций активного компонента абсорбента B и продукта реакции E в слое жидкости в момент времени, предшествующему образованию подвижного фронта реакции [6]. Принимая в выражениях $x=0$, находим концентрацию компонентов на межфазной границе:

$$C_{BS} = \frac{2\alpha C_{A\infty}}{(R_2 - R_1)} \left(\frac{2T_2 + T_1}{\sqrt{S_1}} - \frac{2T_2 R_1 + T_1 R_2}{\sqrt{S_2}} \right) \sqrt{\frac{t}{\pi}} + C_{B\infty}, \quad (11)$$

$$C_{ES} = \frac{2\alpha C_{A\infty}}{(R_2 - R_1)} \left(\lambda_1 \frac{2T_2 + T_1}{\sqrt{S_1}} - \lambda_2 \frac{2T_2 R_1 + T_1 R_2}{\sqrt{S_2}} \right) \sqrt{\frac{t}{\pi}}. \quad (12)$$

В тот момент времени, когда концентрация вещества B на межфазной границе становится равной нулю фронт реакции становится подвижным и начинает перемещаться в глубь слоя жидкости:

$$t^* = \frac{C_{B\infty}^2 \pi (R_2 - R_1)^2}{4\alpha^2 C_{A\infty}^2 \left(\frac{2T_2 R_1 + T_1 R_2}{\sqrt{S_2}} - \frac{2T_2 + T_1}{\sqrt{S_1}} \right)^2}. \quad (13)$$

В этот момент времени на межфазной поверхности достигается максимальная концентрация поверхностно-активного продукта реакции E :

$$C_{ES} = \frac{C_{B\infty} \left[\lambda_1 \sqrt{S_2} (2T_2 + T_1) - \lambda_2 \sqrt{S_1} (2T_2 R_1 + T_1 R_2) \right]}{\left[\sqrt{S_2} (2T_2 + T_1) - \sqrt{S_1} (2T_2 R_1 + T_1 R_2) \right]}. \quad (14)$$

Моделирование химических реакторов для осуществления сложных физико – химических процессов требует учета особенностей кинетики химических превращений и условий протекания

тепло- и массопереноса. При этом зачастую правильный выбор модельной системы позволяет добиться большей общности выводов и дать возможность создать методы расчета широкого класса систем и реакторов.

Бегущие реакционные фронты часто возникают в процессах, протекающих в химических реакторах [7]. Их возникновение может быть обусловлено как особенностями кинетики химических реакций, так и быть следствием взаимодействия кинетики диффузионного переноса и химических превращений.

2. Переходные режимы в проточных реакторах с учетом многостадийности и неидеальности реакций

Многостадийность реакций и неидеальность реакционно-диффузионных систем в реакторе существенно влияют на формирование режима процесса и должны учитываться при моделировании явлений переноса и оптимизации реактора [8]. В нашей работе указанные аспекты моделирования исследуются на примере автокаталитических реакций двух видов.

Рассмотрим следующую модельную схему реакций, в которой основными реагентами являются компоненты X и Y , промежуточными - A , C , а первая стадия носит автокаталитический характер [9]:



где k_1, k_2, k_3 - константы скоростей стадий процесса.

Пусть в реактор осуществляется непрерывный подвод компонента Y со скоростью q . Тогда систему кинетических уравнений для основных компонентов можно записать в виде [10]:

$$\frac{dX}{dt} = k_1XY - k_2X, \quad (18)$$

$$\frac{dY}{dt} = q - k_1XY - k_3Y. \quad (19)$$

Множество стационарных состояний находим в результате решения системы алгебраических уравнений [11]:

$$k_1XY - k_2X = 0, \quad (20)$$

$$q - k_1XY - k_3Y = 0. \quad (21)$$

Следующая стационарная точка является устойчивой, что объясняется автокаталитическими свойствами компонента X :

$$X_{00} = 0; Y_{00} = q/k_3. \quad (22)$$

При малой скорости подвода компонента Y :

$$q < k_2k_3/k_1 \quad (23)$$

стационарная точка (22) является единственной. С возрастанием скорости подвода q , после превышения критического значения

$$q^* = k_2 k_3 / k_1, \quad (24)$$

в системе возникает еще одно стационарное состояние

$$X_{01} = \frac{qk_1 - k_2 k_3}{k_1 k_2}, \quad Y_{01} = \frac{k_2}{k_1}. \quad (25)$$

При выполнении условия

$$q > k_2 k_3 / k_1 \quad (26)$$

стационарная точка (22) становится неустойчивой. Новое возникающее стационарное состояние, напротив, устойчиво. Соответствующая стационарная точка может иметь тип либо узла, либо устойчивого фокуса. При этом в системе возникает затухающий колебательный переходный режим. Проведенный нами подробный анализ режимов в этом случае дал следующие результаты [12-14].

Если $\frac{k_3}{k_2} \geq 1$, то при любых q стационарная точка (25) при условии (26) представляет собой

устойчивый узел. Поэтому колебательный режим не возникает. Если $\frac{k_3}{k_2} < 1$, то при условии (26)

имеем всегда

$$q^* < \frac{2k_2^2}{k_1} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{k_3}{k_2}} \right]. \quad (27)$$

Отсюда следует, что при скорости подачи реагента Y , превышающей критическую величину q^* , и при условии $k_3/k_2 < 1$, в диапазоне скоростей подачи реагента

$$q_1 < q < q_2, \quad (28)$$

где

$$q_1 = \frac{2k_2^2}{k_1} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{k_3}{k_2}} \right], \quad q_2 = \frac{2k_2^2}{k_1} \left[1 + \sqrt{1 - \frac{k_3}{k_2}} \right]. \quad (29)$$

возникает переходной колебательный режим [15].

Рассмотрим далее автокаталитическую реакцию следующего вида:



В идеальной системе справедливо следующее соотношение для химического потенциала продукта реакции [16,17]:

$$\mu = \mu^* + RT \ln X, \quad (31)$$

где μ^* - стандартное значение химического потенциала; R - газовая постоянная; T - температура.

Рассмотрим случай неидеальной реакционно-диффузионной системы в реакторе с автокаталитической реакцией (30). Можно получить следующее выражение для химического потенциала продукта реакции в разбавленной бинарной системе [18-20] с учетом формулы (2):

$$\mu = \mu^* + RT \ln X + \omega_{AX} (1 - X)^2, \quad (32)$$

Поскольку раствор принимается разбавленным, считаем, что $X \ll 1$. Тогда можно записать приближенное равенство:

$$\mu = \mu^* + RT \ln X + \omega_{AX} (1 - 2X). \quad (33)$$

В соответствии с положениями термодинамики разбавленных растворов [21] коэффициент диффузии определяется величиной производной химического потенциала по концентрации. Тогда получаем:

$$\frac{\partial \mu}{\partial X} = \frac{RT}{X} - 2\omega_{AX} = \frac{RT}{X} (1 - 2\omega_{AX} X), \quad (34)$$

где $D = D_i (1 - 2\omega_{AX} X)$ - коэффициент диффузии компонента в реальной системе; D_i - коэффициент диффузии для идеальной системы. Таким образом, для неидеальной системы кинетическое уравнение можно переписать в виде

$$\frac{\partial X}{\partial t} + V \frac{\partial X}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(D_i (1 - 2\omega_{AX} X) \frac{\partial X}{\partial z} \right) + f(X). \quad (35)$$

В реакторе возможны два стационарных состояния:

$$X_{01} = 0; \quad X_{02} = A \frac{k_1}{k_2}. \quad (36)$$

Отсюда можно сделать вывод, что неидеальность смеси не изменяет характера стационарных режимов реактора. В то же время значение начальной скорости волнового фронта будет отличаться от рассчитываемого без учета неидеальности.

Неидеальность реакционно-диффузионной системы для сильно разбавленных растворов не приводит к качественно новым эффектам, не свойственным идеальным системам [22]. Решающую роль продолжает играть все же нелинейность кинетических соотношений. Но в случае концентрированных растворов ситуация может быть другой. Этот вопрос требует дополнительных исследований.

Заключение

Расчетные выражения $C_B(X, t^*)$ и $C_E(X, t^*)$ могут использоваться как начальные данные для вычисления профилей концентраций компонентов A, B и E с учетом влияния продукта реакции и неидеальности системы для периода времени абсорбции $t > t^*$.

Проведенный анализ показывает, что скорость подвода реагентов в химических реакторах не только регулирует производительность реактора, но и может качественно менять множество стационарных и переходных режимов их работы. Обычно подобные изменения связывают с тепловым режимом эксплуатации. Однако, как показывает наше исследование, причина качественных изменений может носить и кинетический характер. Отметим, что этот фактор зачастую не учитывается в практике расчета и проектирования химических реакторов.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы в инженерной методике расчета интенсивности процессов химических превращений и минимальной длины проточного неизотермического реактора, для проведения технологических расчетов при проектировании химических реакторов для очистки газовых и жидких выбросов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Baetens D., Van Keer R., Hosten L.H. (1997) Gas-liquid reaction: absorption accompanied by an instantaneous, irreversible reaction, *Comp. Mech. Publ. Moving boundaries IV*, Boston, p.185-190.
- [2] Cussler E.L. (2009) Diffusion: mass transfer in fluid systems, *International Journal of Refrigeration*, Cambridge, UK, 16(4): 282-294.
- [3] Bo S., Ma X., Lan Z., Chen J., Chen H. (2010) Numerical simulation on the falling film absorption process in a counter-flow absorber, *Chemical Engineering Journal*, 156(3): 607-612.
- [4] Мусабекова Л.М. (2011) Методика расчета реакционно-диффузионных процессов с учетом неидеальности системы. Международная научно-техническая конференция НЭРПО-2011, МГОУ, Москва, С. 294-299.
- [5] Musabekova L. M., Dausheeva N.N., Jamankarayeva M.A. (2012) Methodology of calculating reaction-diffusion processes with moving boundaries of kinetic zones. 15-th Conference Process Integration, Modeling and Optimization for Energy Saving and Pollution Reduction. *Chem. Eng. Trans.* 29, Part 2. Prague, Czech Republic. P.1333-1339. DOI: 10.3303/CET1229223.
- [6] Лесбаев А.У., Мусабекова Л.М., Куракбаев Д.С. (2012) Анализ автоволновых процессов в химических реакторах, *Вестник КазНТУ*, 2(90): С.5-10.
- [7] Musabekova L.M., Dausheyeva N.N., Zhumataev N.S., Jamankarayeva M.J. (2016) On modeling the convective mass transfer over moving films interface for the reaction-diffusion systems of the second order. 19th Conference on Process Integration, Modelling and Optimisation for Energy Saving and Pollution Reduction, August. Prague, Czech Republic. *Chemical engineering transactions*, vol. 52. P.217-222. DOI: 10.3303/CET1652037.
- [8] Калбаева А.Т., Бренер А.М. (2003) Моделирование кинетики автокаталитической системы реакций с учетом обратимости стадий реакции. Сборник научных трудов аспирантов, магистрантов, стажеров-исследователей ЮКГУ имени М. Ауезова. Шымкент, 4: 7-9.
- [9] Тауасаров Б.Р., Калбаева А.Т., Бренер А.М. (2003) Моделирование двухкаскадного автокаталитического реактора с рециклом, *Поиск, серия естественных и технических наук*, 4 (2): 175-179.
- [10] Калбаева А.Т., Тауасаров Б.Р. (2004) Численное моделирование стационарных режимов проточных автокаталитических реакторов. Материалы Международной научно-теоретической конференции молодых ученых, Шымкент. С 86-89.
- [11] Тауасаров Б.Р., Калбаева А.Т. (2005) Исследование множества стационарных режимов проточных автокаталитических реакторов, *Вестник национальной академии наук Республики Казахстан*, Алматы, 1: С.134-138.
- [12] Калбаева А.Т., Тауасаров Б.Р. (2004) Численное исследование реакционно-диффузионных систем в проточных трубчатых реакторах. Труды международной научной конференции «Наука и образование на пороге XXI века», посвященной 10-летию Южно-Казахстанского гуманитарного института имени М. Сапарбаева, Шымкент. Т.2: С.81-85.
- [13] Калбаева А.Т., Тауасаров Б.Р., Корбан М.С. (2004) О волновых решениях реакционно-диффузионной модели трубчатых реакторов. Материалы Международной научно-теоретической конференции молодых ученых «Проблемы общественного развития, науки и образования», посвященной Дню независимости Республики Казахстан, Шымкент: С.5-7.
- [14] Калбаева А.Т., Тауасаров Б.Р., Бренер А.М. (2004) Условия образования концентрационных волн в трубчатых химических реакторах, *Наука и образование Южного Казахстана, серии: Химия, химическая технология. Процессы и аппараты*, Шымкент, 5(40): 86-90.
- [15] Kalbaeva A.T., Kurakbayeva S.D., Zhidebayeva A.N., Musrepova E. (2014) Modelling the Dynamical Regimes of Mass Transfer in Cascades of Through – Reactors. 17th Conference Process Integration, Modelling and Optimisation for Energy Saving and Pollution Reduction, Prague, Czech Republic. P.1015-1020.
- [16] Yunussov M.B., Kalbaeva A.T., Kurakbayeva S.D., Brenner A.M. (2013) Simulating the transient regimes and concentrate waves in through-reactors with multi-stage kinetics. *Proceedings of the 7th International Conference on Computational Chemistry (COMPUCHEM '13)*, Paris, France. P.18-22.
- [17] Barkanyi A., Nemeth S., Lakatos B.G. (2013) Modelling and Simulation of a Batch Poly(Vinyl Chloride) Reactor, *Chemical Engineering Transactions*, 32: 769-774.
- [18] Carvajal, D., Jara C.C., Irrazabal M.M., 2012, Dynamic Modelling of the Reactive Absorption of CO₂ in Ionic Liquids and its Effect on the Mass Transfer and Fluid Viscosity, *Chemical Engineering Transactions*, 29: 175-180.
- [19] Dateo, C. E., Orban M., De Kepper P., Epstein I. R. (1982) Systematic design of chemical oscillators. Bistability and oscillations in the autocatalytic chlorite-iodide reaction in a stirred-flow reactor, *Journal of the American Chemical Society*, 104(2): 504-509.
- [20] Field R. J., Koros E. and Noyes R. M. (1972) Oscillations in chemical systems, II. Thorough analysis of temporal oscillation in the bromate-cerium-malonic acid system, *Journal of the American Chemical Society*, 94(25): 8649-8664.
- [21] Holodniok M., Klic A., Kubicek M., Marek M. (1984) *Methods of Analysis of Nonlinear Dynamical Models*. Academia, Prague, Czech Republic.
- [22] Manenti F., Cieri S., Restelli M., Lima N.M.N., Linan L.Z., 2011, Dynamic Simulation of the Lurgi-type Reactor for Methanol Synthesis, *Chemical Engineering Transactions*, 24: 379-384.

REFERENCES

- [1] Baetens D., Van Keer R., Hosten L.H. (1997) Gas-liquid reaction: absorption accompanied by an instantaneous, irreversible reaction, *Comp. Mech. Publ. Moving boundaries IV*, Boston, p.185-190.
- [2] Cussler E.L. (2009) *Diffusion: mass transfer in fluid systems*, International Journal of Refrigeration, Cambridge, UK, 16(4): 282-294.
- [3] Bo S., Ma X., Lan Z., Chen J., Chen H. (2010) Numerical simulation on the falling film absorption process in a counter-flow absorber, *Chemical Engineering Journal*, 156(3): 607-612.
- [4] Musabekova L.M. (2011) Method of calculation of reaction-diffusion processes taking into account non-ideal system. International scientific-technical conference **NERPO 2011**, MSOU, Moscow, P. 294-299. (In Russian)
- [5] Musabekova L. M., Dausheeva N.N., Jamankarayeva M.A. (2012) Methodology of calculating reaction-diffusion processes with moving boundaries of kinetic zones. 15-th Conference Process Integration, Modeling and Optimization for Energy Saving and Pollution Reduction. *Chem. Eng. Trans.* 29, Part 2. Prague, Czech Republic. P.1333-1339. DOI: 10.3303/CET1229223.
- [6] Lesbaev A.U., Musabekova L. M., Kurakbayev D.S. (2012) Analysis of the self-oscillatory processes in chemical reactors, *Herald of KazNTU*, 2 (90): P.5-10. (In Russian)
- [7] Musabekova L.M., Dausheeva N.N., Zhumataev N.S., Jamankarayeva M.J. (2016) On modeling the convective mass transfer over moving films interface for the reaction-diffusion systems of the second order. 19th Conference on Process Integration, Modelling and Optimisation for Energy Saving and Pollution Reduction, August. Prague, Czech Republic. *Chemical engineering transactions*, vol. 52. P.217-222. DOI: 10.3303/CET1652037.
- [8] Kalbaeva A.T., Brener A.M. (2003) Modeling system autocatalytic reaction kinetics with reversible reaction steps. Collection of scientific works of graduate students, master students, trainees and researchers UKGU named after M. Auezov. Shymkent, 4: 7-9. (In Russian)
- [9] Tauasarov B.R., Kalbaeva A.T., Brener A.M. (2003) Simulation of a two-stage self-catalytic reactor with recycle, *Search, series natural sciences and engineering*, 4 (2): 175-179. (In Russian)
- [10] Kalbaeva A.T., Tauasarov B.R. (2004) Numerical modeling of stationary modes autocatalytic flow reactors. *Proceedings of the International scientific-theoretical conference of young scientists*, Shymkent. P. 86-89. (In Russian)
- [11] Tauasarov B.R., Kalbaeva A.T. (2005) Research of the set of stationary regimes autocatalytic flow reactors, *Bulletin of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan*, Almaty, 1: P.134-138. (In Russian)
- [12] Kalbaeva A.T., Tauasarov B.R. (2004) Numerical research reaction-diffusion systems in the flow tube reactor. *Proceedings of the International scientific conference "Science and education on the threshold of the XXI century"*, dedicated to the 10th anniversary of M. Saparbayev, Shymkent, South Kazakhstan Humanitarian Institute. Vol.2: P.81-85. (In Russian)
- [13] Kalbaeva A.T., Tauasarov B.R., Korban M.S. (2004) Wave solutions of reaction-diffusion model of the tubular reactors. *Proceedings of the International scientific-theoretical conference of young scientists "Problems of social development, science and education"*, dedicated to the Independence Day of the Republic of Kazakhstan, Shymkent: P.5-7. (In Russian)
- [14] Kalbaeva A.T., Tauasarov B.R., Brener A.M. (2004) The conditions of formation of concentration waves in a tubular chemical reactors, *Science and Education of South Kazakhstan Series: Chemistry, Chemical Engineering. Processes and devices*, Shymkent, 5 (40): 86-90. (In Russian)
- [15] Kalbaeva A.T., Kurakbayeva S.D., Zhidebayeva A.N., Musrepova E. (2014) Modelling the Dynamical Regimes of Mass Transfer in Cascades of Through – Reactors. 17th Conference Process Integration, Modelling and Optimisation for Energy Saving and Pollution Reduction, Prague, Czech Republic. P.1015-1020.
- [16] Yunussov M.B., Kalbaeva A.T., Kurakbayeva S.D., Brener A.M. (2013) Simulating the transient regimes and concentrate waves in through-reactors with multi-stage kinetics. *Proceedings of the 7th International Conference on Computational Chemistry (COMPUCHEM '13)*, Paris, France. P.18-22.
- [17] Barkanyi A., Nemeth S., Lakatos B.G. (2013) Modelling and Simulation of a Batch Poly(Vinyl Chloride) Reactor, *Chemical Engineering Transactions*, 32: 769-774.
- [18] Carvajal, D., Jara C.C., Irrazabal M.M., 2012, Dynamic Modelling of the Reactive Absorption of CO₂ in Ionic Liquids and its Effect on the Mass Transfer and Fluid Viscosity, *Chemical Engineering Transactions*, 29: 175-180.
- [19] Dateo, C. E., Orban M., De Kepper P., Epstein I. R. (1982) Systematic design of chemical oscillators. Bistability and oscillations in the autocatalytic chlorite-iodide reaction in a stirred-flow reactor, *Journal of the American Chemical Society*, 104(2): 504-509.
- [20] Field R. J., Koros E. and Noyes R. M. (1972) Oscillations in chemical systems, II. Thorough analysis of temporal oscillation in the bromate-cerium-malonic acid system, *Journal of the American Chemical Society*, 94(25): 8649-8664.
- [21] Holodniok M., Klic A., Kubicek M., Marek M. (1984) *Methods of Analysis of Nonlinear Dynamical Models*. Academia, Prague, Czech Republic.
- [22] Manenti F., Cieri S., Restelli M., Lima N.M.N., Linan L.Z., 2011, Dynamic Simulation of the Lurgi-type Reactor for Methanol Synthesis, *Chemical Engineering Transactions*, 24: 379-384.

ӘОЖ: 536.248.2

Л.М. Мусабекова¹, А.Т. Қалбаева¹, О.С. Балабеков², С.Ж. Құрақбаева¹, Ғ.Ж. Ельбергенова¹¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент қ., Қазақстан;²Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік педагогикалық институты, Шымкент қ., Қазақстан**ХИМИЯЛЫҚ РЕАКТОРЛАРДАҒЫ КОНЦЕНТРАЦИЯЛЫҚ ОСЦИЛЛЯЦИЯЛАР
ЖӘНЕ ЖЫЛЖЫМАЛЫ ФРОНТТАР. МАТЕМАТИКАЛЫҚ ҮЛГІЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛДАУ**

Аннотация. Бұл мақалада химиялық реакторлардағы кинетикалық режимдерді үлгілеу екі жағдай үшін қаралады: қозғалмалы фронтпен абсорбция үрдісінен бастап, көпсатылы автокаталитикалық реакциялармен ағынды реакторларда өтпелі режимдер. Бірінші жағдайда мақалада реакцияның қозғалмалы фронтының жылдамдығынан алынатын өнімнің реакциясының әсерін ескере отырып, сұйықтықтың қабатында лезде қайтымсыз реакциямен жүруші газдың абсорбциясы мәселесі қарастырылады. Газдық фазаның диффузиясының кедергісі, газдық фазадағы компоненттің абсорбиленуінің концентрациясы, сұйықтықтағы белсенді компоненттің концентрациясы, сондай-ақ диффузияның тікелей және айқас коэффициенттерінің мәндері осы сияқты факторлардың әсерлері зерттелінді. Реакцияның фронты сұйықтық тереңінде қозғала бастағанда алынған өнімнің реакциясының кеңістік концентрациясы өзінің барынша көп мәніне сол сәтте жететіндігі көрсетілген. Алынған нәтижелер инженерлік химиялық ғылым үшін пайдалы болуы мүмкін. Екінші жағдайда өтпелі тербелмелі режимдердегі идеалды емес үшін концентрациялық толқындық фронттардың жылдамдығын есептеуге арналған жуықтау қатынастары алынған. Идеалдық емес өтпелі режимдегі толқындық фронттың жылдамдығының өсуіне әкелетіндігі көрсетілді. Зерттеу нәтижелері химиялық айналу үрдісінің интенсивтілігін және изотермиялық емес реактордың жұмыс көлемінің тиімділігін инженерлік есептеу әдісінде және әртүрлі химиялық аппараттарды жобалауда қолданылуы мүмкін.

Түйін сөздер: жылжымалы фронт, химиялық реакторларды модельдеу, лездік химиялық реакция, рецикл, автокаталитикалық екікасадты реактор, Белоусов-Жаботинский реакциясы.

Сведения об авторах:

Мусабекова Лейла Мухамеджановна – д.т.н., доцент Южно-Казахстанского государственного университета им. М.Ауэзова, Республика Казахстан г.Шымкент;

Қалбаева Айжан Тажихановна – к.т.н., доцент Южно-Казахстанского государственного университета им. М.Ауэзова, Республика Казахстан г. Шымкент;

Балабеков Оразалы Сатимбекович – д.т.н., Академик НАН РК. Южно-Казахстанского государственного педагогического института, Республика Казахстан г. Шымкент;

Құрақбаева Севара Джумағалиевна – к.т.н., доцент Южно-Казахстанского государственного университета им. М.Ауэзова, Республика Казахстан г.Шымкент;

Ельбергенова Газиза Жумашевна – старший преподаватель Южно-Казахстанского государственного университета им. М.Ауэзова, Республика Казахстан г. Шымкент.

МАЗМҰНЫ

Астрофизика

Буртебаев Н., Зазулин Д.М., Керимкулов Ж.К., Бактыбаев М., Буртебаева Дж., Алимов Д.К., Насурлла М. Астрофизикалық энергияларда $^{16}\text{O}(\text{p},\text{p})^{16}\text{O}$ серпімді шашырау процесінің дифференциалдық қималары бойынша жаңа өлшеулер..... 5

Техникалық ғылымдар

Полещук О.Х., Яркова А.Г., Адырбекова Г.М., Журхабаева Л.А., Саидахметов П.А. Тығыздықтың функционал теориясын қолданып триазолоксидтердің түзілу реакциясының механизмін зерттеу..... 11

Қартбаев Т.С. Тұлғаның аутентификациясы аясындағы есептерді шешудегі нейрожелілік технологияларды қолдану..... 19

Биология

Өсікбаева С.Ө., Орынбаева З.С., Төлеуханов С.Т. Қатерлі қуық асты ісігіне табиғи полифенолдар қосылыстарының әсер ету механизмдері..... 23

Медицина

Ожикенова А.К., Құрақбаев Қ.Қ., Қаратаев М., Ожикенов Қ.А. Күндізгі стационардағы төсек орындарының пайдалануды бақылау және талдау..... 31

Қоғамдық ғылымдар

Абдралимов Т.Қ., Қалдыбай Қ.Қ. Буддизмнің философиялық және этикалық құндылықтары..... 35

Техникалық ғылымдар

Удербаяева А.Е., Машеков С.А., Абсадықов Б.Н. Алюминий қорытпаларының профильдер өндірісіне талдау..... 42

Высоцкая Н.А., Кабылбекова Б.Н., Курбанбеков К.Т., Джаксылықова Р.Б., Аманбаева К.Б., Шапалов Ш.К. Жылудың камту жүйелерінің құбырларындағы шөккен қақтардың құрамы және олардың жуғыш ерітінділер тандаудағы рөлі..... 47

Қартбаев Т.С. Тұлғаның аутентификациясы аясындағы есептерді шешудегі нейрожелілік технологияларды қолдану..... 52

Касимов Б.С., Тайсариева Қ.Н. Радиэлектрондық құрылғылардың баспа платаларының сенімділігін аппараттық түрде жүзеге асыру..... 57

Сахметова Г.Е., Бренер А.М., Балабеков О.С. Сулы типті тазалайтын бағаналарда ауқымды әсерінің математикалық модельдеу..... 62

Химия

Нүркенов О.А., Фазылов С.Д., Ғазалиев А.М., Сәтбаева Ж.Б., Амерханова Ш.К., Кәріпова Г.Ж. Изоникотин қышқылы гидразиді туындыларының синтезі мен қасиеттері..... 68

Малышев В.П., Зубрина Ю.С., Макашева А.М. ф саны және сандардың дағдылы қатары 79

Мусабекова Л.М., Қалбаева А.Т., Балабеков О.С., Құрақбаева С.Ж., Ельбергеннова Ф.Ж. Химиялық реакторлардағы концентрациялық осцилляциялар және жылжымалы фронттар. Математикалық үлгілер және оларды талдау..... 86

Мусабекова Л.М., Қалбаева А.Т., Балабеков О.С., Құрақбаева С.Ж., Усенова А.Ж. Химиялық реакторлардағы концентрациялық осцилляциялар және жылжымалы фронттар. Сандық эксперимент..... 96

Насиров Р. Д.И. Менделеевтің периодтық системасындағы IV - периодының байланыстырушы d - элементтері... 107

Биология

Мырқасымова А.С. Қырыққабаттың күн көбелектің жапырақты ағаштар үшін зиянкестігі (*Mamestra Brassicae* (Linnaeus, 1758) 112

Бахтиярова Ш.К., Қалекешов А.М., Макашев Е.К., Жақсымов Б.И., Қорғанбаева А.А., Капышева У.Н. Маңғыстау облысы тұрғындарының қалқанша безінің функционалдық ерекшеліктері..... 118

Махан А.Ж., Анарбекова А.І., Абидаева Р.А., Дауылбай А.Д., Рысбаева Г.С. Цианобактерия *Spirulina*-ның биологиялық сипаттамасы мен биотехнологиядағы рөлі..... 124

Өсікбаева С.Ө., Орынбаева З.С., Төлеуханов С.Т. Қатерлі қуық асты ісігіне табиғи полифенолдар қосылыстарының әсер ету механизмдері..... 130

Скиба Ю.А., Исмагулова Г.А., Чиркин А.П., Жидкеева Р.Е., Мальцева Э.Р., Бисенбай А.О., Березовский Д.В., Кузнецов А.Н., Сыздықов М.С., Айтхожина Н.А. Бруцеллез қоздырушыларының эпидемиологиялық бақылауын жетілдіруге арналған Қазақстан аумағында айналымда жүрген *Brucella SPP* штамдарының молекулалық-генетикалық типтелуі..... 141

Чиркин А.П., Есімбекова М.А., Мукин К.Б., Исмагулова Г.А. Оңтүстік және оңтүстік-шығыс қазақстандық *Aegilops Cylindrica* және *Aegilops Tauschii* популяцияларының филогенетикалық талдауы..... 150

Аграрлық ғылым

Салихов Т.Қ. Астана қаласының маңындағы геоэкожүйелеріндегі топырақ жамылғысының физикалық қасиеттері..... 156

Қоғамдық ғылымдар

Куртджепхе И., Дервиш Л. Триполиға италиян әскерлерінің шабуылы, Мұстафа Кемаль және оның жауынгерлерінің жаумен күреске шығуы..... 161

Аюпова З.К., Құсайынов Д.Ө. Мемлекет және құқық теориясы методологиясы және пәні мәселесіне..... 172

Картаева Т.Е. Түйенің қазақтардың тіршілікқашы жүйесіндегі рөлі..... 179

Кокумбаева Б., Сағиқызы А. «Мәңгілік ел» – рухани эволюцияның жаңа сатысы 193

Пралиев Б.С. Қазақстанның монокалаларындағы инновациялық кәсіпкерліктің даму мәселелері..... 199

СОДЕРЖАНИЕ

Астрофизика	
<i>Буртебаев Н., Зазулин Д.М., Керимкулов Ж.К., Бактыбаев М., Буртебаева Дж., Алимов Д.К., Насурлла М.</i> Новые измерения дифференциальных сечений процесса упругого рассеяния $^{16}\text{O}(p,p)^{16}\text{O}$ при астрофизических энергиях.....	5
Технические науки	
<i>Полещук О. Х., Яркова А. Г., Адырбекова Г.М., Журхабаева Л.А., Саидахметов П.А.</i> Исследование механизма реакции образования триазолоксидов с использованием теории функционала плотности.....	11
<i>Картбаев Т.С.</i> Использование нейросетевых технологий при решении задач в области аутентификации личности.....	19
Биология	
<i>Осикбаева С.О., Орынбаева З.С., Тулеуханов С.Т.</i> Механизмы действия полифенольных соединений на раковые клетки простаты.....	23
Медицина	
<i>Ожикенова А.К., Куракбаев К.К., Каратаев М., Ожикенов К.А.</i> Мониторинг и анализ использования коечного фонда дневных стационаров.....	31
Общественные науки	
<i>Абдрасилов Т.К., Калдыбай К. К.</i> Философский и этические ценности буддизма.....	35

Технические науки	
<i>Удербаяева А.Е., Машеков С.А., Абсадыков Б.Н.</i> Анализ производства профилей из алюминиевых сплавов.....	42
<i>Высоцкая Н.А., Кабылбекова Б.Н., Курбанбеков К.Т., Джаксылыкова Р.Б., Аманбаева К.Б., Шапалов Ш.К.</i> Состав накипных отложений в трубах систем теплоснабжения, их роль в подборе промывных растворов.....	47
<i>Картбаев Т.С.</i> Использование нейросетевых технологий при решении задач в области аутентификации личности.....	52
<i>Касимов Б. С., Тайсариева К.Н.</i> Аппаратная реализация надежности печатных плат радиоэлектронных средств	57
<i>Сахметова Г.Е., Бренер А.М., Балабеков О.С.</i> Математическое моделирование масштабного эффекта в очистных колоннах мокрого типа.....	62
Химия	
<i>Нуркенов О.А., Фазылов С.Д., Газалиев А.М., Сатпаева Ж.Б., Амерханова Ш.К., Карипова Г.Ж.</i> Синтез и свойства производных гидразида изоникотиновой кислоты.....	68
<i>Мальшев В.П., Зубрина Ю.С., Макашева А.М.</i> Число ϕ и натуральный ряд чисел.....	79
<i>Мусабекова Л.М., Калбаева А.Т., Балабеков О.С., Куракбаева С.Д., Ельбергеннова Г.Ж.</i> Концентрационные осцилляции и подвижные фронты в химических реакторах. Математические модели и их анализ.....	86
<i>Мусабекова Л.М., Калбаева А.Т., Балабеков О.С., Куракбаева С.Д., Усенова А.Ж.</i> Концентрационные осцилляции и подвижные фронты в химических реакторах. Численный эксперимент.....	96
<i>Насиров Р.</i> О связывающих d-элементах I-VIII групп 4-го периода периодической системы Д.И. Менделеев.....	107
Биология	
<i>Мыркасимова А.</i> Вредононость капустной совки (<i>Mamestra Brassicae</i> (Linnaeus, 1758) для лиственных деревьев..	112
<i>Бахтиярова Ш.К., Калекешов А.М., Макашев Е.К., Жаксымов Б.И., Корганбаева А.А., Капышева У.Н.</i> Функциональные особенности щитовидной железы у населения мангистауской области.....	118
<i>Махан А.Ж., Анарбекова А.И., Абидаева Р.А., Дауылбай А.Д., Рысбаева Г.С.</i> Цианобактерии <i>Spirulina</i> биологическое описание и роль в биотехнологии.....	124
<i>Осикбаева С.О., Орынбаева З.С., Тулеуханов С.Т.</i> Механизмы действия полифенольных соединений на раковые клетки простаты	130
<i>Скиба Ю.А., Исмагулова Г.А., Чиркин А.П., Жидкеева Р.Е., Мальцева Э.Р., Бисенбай А.О., Березовский Д.В., Кузнецов А.Н., Сыздыков М.С., Айтхожина Н.А.</i> Молекулярно-генетическое типирование штаммов <i>Brucella</i> SPP., циркулирующих в Казахстане для усовершенствования эпидемиологического мониторинга возбудителей бруцеллеза.....	141
<i>Чиркин А.П., Есимбекова М.А., Мукин К.Б., Исмагулова Г.А.</i> Филогенетический анализ популяций <i>Aegilops cylindrica</i> и <i>Aegilops Tauschii</i> южного и юго-восточного Казахстана.....	150
Аграрные науки	
<i>Салихов Т.К.</i> Физические свойства почвенного покрова геозкосистем пригорода Астаны.....	156
Общественные науки	
<i>Куртджемпе И., Дервиш Л.</i> Нападение итальянцев на Триполи, участие Мустафы Кемалея и его соратников в борьбе с врагом.....	161
<i>Аюпова З.К., Кусаинов Д.У.</i> К вопросу о предмете и методологии теории государства и права	172
<i>Картаева Т. Е.</i> Роль верблюда в системе жизнеобеспечения казахов	179
<i>Кокумбаева Б.Д., Сагикызы А.</i> «Мәңгілік Ел» как новая ступень духовной эволюции	193
<i>Прашев Б.С.</i> Проблемы развития инновационного предпринимательства в моногородах Казахстана.....	199

CONTENT

Astrophysics	
<i>Burtebayev N., Zazulin D.M., Kerimkulov Zh.K., Baktybayev M., Burtebayeva J., Alimov D.K., Nassurilla M.</i> New measurements of differential cross section for elastic scattering process of $^{16}\text{O}(p,p)^{16}\text{O}$ at astrophysical energies.....	5
Technical sciences	
<i>Poleshchuk O.Kh., Yarkova A.G., Adyrbekova G.M., Zhurhabayeva L. A., Saidakhmetov P.A.</i> Study of the mechanism of the reaction of triazolide's formation of using the density functional theory.....	11
<i>Kartbayev T.S.</i> Using the neural network technology in solving the tasks of personal identification	19
Biology	
<i>Ossikbayeva S.O., Orynbayeva Z.S., Tuleukhanov S.T.</i> The mechanism of polyphenolic compounds on prostate cancer.....	23
Medicine	
<i>Ozhikenova A.K., Kurakbayev K.K., Karataev M., Ozhikenov K.A.</i> Monitoring and analysis of bedspace use in day hospitals.....	31
Social sciences	
<i>Abdrasilov T.K., Kaldybay K.K.</i> Philosophical and ethical values of buddhism.....	35

Technical sciences	
<i>Uderbaeva A.E., Mashekov S.A., Absadykov B.N.</i> Analysis of the production of aluminum alloy.....	42
<i>Vysotskaya N. A., Kabylbekovab.N., Kurbanbekov K. T., Dzhaksylykova R. B., Amanbayev K. B., Shapalov Sh.K.</i> Structure of furring deposits in pipes of systems heat supply systems, its role in selection of washing solutions.....	47
<i>Kartbayev T.S.</i> Using the neural network technology in solving the tasks of personal identification	52
<i>Kassimov B. S., Taissariyeva K. N.</i> Apparatus realized reliability of radio electronic facilities' print boards.....	57
<i>Sakhmetova G.E., Brener A.M., Balabekov O.S.</i> Mathematical modelling of the scale-up phenomenon in purification of wet tyre towers	62
Chemistry	
<i>Nurkenov O.A., Fazylov S.D., Gazaliev, A.M. Satpaeva Zh.B., Amerkhanova Zh.K., Karipova G.Zh.</i> Synthesis and properties derivatives of hydrazide isonicotinic acid.....	68
<i>Malyshev V.P., Zubrina Y.S., Makasheva A.M.</i> Number ϕ and natural series of numbers.....	79
<i>Musabekova L.M., Kalbayeva A.T., Balabekov O.S., Kurakbayeva S.D., Elbergenova G.Zh.</i> Concentration oscillations and moving fronts in the chemical reactors. Mathematical models and their analysis.....	86
<i>Musabekova L.M., Kalbayeva A.T., Balabekov O.S., Kurakbayeva S.D., Usenova A.Zh.</i> Concentration oscillations and moving fronts in the chemical reactors. Numerical experiment.....	96
<i>Nasirov R.</i> Binding d-elements of the 4th period I-VIII groups of the periodic system.....	107
Biology	
<i>Myrkasimova A.C.</i> Deleterious of cabbage moth (<i>Mamestra Brassicae</i> (Linnaeus, 1758) for deciduous trees.....	112
<i>Бахтиярова Ш.К., Қалекешов А.М., Макашев Е.К., Жақсымов Б.И., Қорғанбаева А.А., Капышева У.Н.</i> Маңғыстау облысы тұрғындарының қалқанша безінің функционалдық ерекшеліктері.....	118
<i>Makhan A.Zh., Anarbekova A.I., Abildaeva R.A., Dauilbai A.D., Rysbayeva G.S.</i> Cyanobacteria <i>Spirulina</i> : biological characteristics and the role in biotechnology.....	124
<i>Ossikbayeva S.O., Orynbayeva Z.S., Tuleukhanov S.T.</i> The mechanism of polyphenolic compounds on prostate cancer.....	130
<i>Skiba Y. A., Ismagulova G. A., Chirkin A. P., Zhidkeeva R.E., Maltseva E. R., Bissenbay A.O., Berezovsky D.V., Kuznetsov A. N., Syzdykov M. S., Aitkhozhina N.A.</i> Molecular-genetic typing of <i>brucella</i> SPP. strains circulating in Kazakhstan for the improvement of epidemiological monitoring of brucellosis causative agents.....	141
<i>Chirkin A.P., Yessimbekova M.A., Mukin K.B., Ismagulova G.A.</i> Phylogenetic analysis of <i>Aegilops cylindrica</i> and <i>Aegilops Tauschii</i> populations inhabiting the territory of southern and south-eastern Kazakhstan.....	150
Agricultural sciences	
<i>Salikhov T.K.</i> The physical properties of soil geoecosystems of Astana suburb	156
Social Sciences	
<i>Kurtcephe İ., Dervish L.</i> The italian attack on Tripoli, the part of Mustafa Kemal and his associates in the fight with the Enemy.....	161
<i>Ayupova Z.K., Kussaino D.U.</i> To the question of the subject and methodology of the theory of the state and the law.....	172
<i>Kartaeva T.E.</i> The role of camel in the life of the Kazakhs.....	179
<i>Kokumbayeva B.D., Sagikyzy A.</i> Маңғілік Ел (Мәңгілік Ел) as a new stage of spirit evolution.....	193
<i>Praliev B.S.</i> Problems of development of innovative business in monocities of Kazakhstan.....	199

**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 work described 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 originality detection service Cross Check <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

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

<http://www.reports-science.kz/index.php/ru/>

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

Подписано в печать 10.02.2017.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

13 п.л. Тираж 2000. Заказ 1.

Национальная академия наук РК
050010, Алматы, ул. Шевченко, 28, т. 272-13-18, 272-13-19