

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН



ҚазҰТУ ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК КазННТУ

VESTNIK KazNRTU

№ 2 (138)

Главный редактор
И. К. Бейсембетов – ректор

Зам. главного редактора
Б.К. Кенжалиев – проректор по науке

Отв. секретарь
Н.Ф. Федосенко

Редакционная коллегия:

З.С. Абишева- акад. НАН РК, Л.Б. Атымтаева, Ж.Ж. Байгунчечков- акад. НАН РК, А.Б. Байбатша, А.О. Байконурова, В.И. Волчихин (Россия), К. Дребенштед (Германия), Г.Ж. Жолтаев, Г.Ж. Елигбаева, Р.М. Исаков, С.Е. Кудайбергенов, Б.У. Куспангалиев, С.Е. Кумеков, В.А. Луганов, С.С. Набойченко – член-корр. РАН, И.Г. Милев (Германия), С. Пежовник (Словения), Б.Р. Ракишев – акад. НАН РК, М.Б. Панфилов (Франция), Н.Т. Сайлаубеков, А.Р. Сейткулов, Фатхи Хабаши (Канада), Бражендра Мишра (США), Корби Андерсон (США), В.А. Гольцев (Россия), В. Ю. Коровин (Украина), М.Г. Мустафин (Россия), Фан Хуан (Швеция), Х.П. Цинке (Германия), Е.М. Шайхутдинов-акад. НАН РК, Т.А. Чепуштанова

Учредитель:

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Регистрация:

Министерство культуры, информации и общественного согласия
Республики Казахстан № 951 – Ж “25” 11. 1999 г.

Основан в августе 1994 г. Выходит 6 раз в год

Адрес редакции:

г. Алматы, ул. Сатпаева, 22,
каб. 609, тел. 292-63-46
Nina. Fedorovna. 52 @ mail.ru

[15] Loïc Picard, Patricia Phalip, Etienne Fleury, François Ganachaud Chemical adhesion of silicone elastomers on primed metal surfaces: A comprehensive survey of open and patent literatures // Progress in Organic Coatings, Volume 80, March 2015, Pages 120-141

Гумиров Т.Ш., Тлемс А.Т., Тюканько В.Ю., Савинкин В.В., Дюрягина А.

Силиконды бояулар мен лактардағы компоненттердің сулануын жақсарту арқылы жабынның қорғаныс ресурсын арттыру

Резюме. Мақала құрамында фосфор бар беттік-белсенді заттардың алюминий субстраттарының полифенсилсилоксан ерітінділерімен сулануына әсерін зерттеуге арналған, суландыру жұмысының өзгерісі есептелген және олардың жабындардың кеуектілігіне әсері көрсетілген.

Түйін сөздер: Силиконды беттік белсенді заттар, сополимер, полиэфир, қосымшалар, сұйық кристалдар, микроэмульсия, сулану, синтез, көбік, эмульсия.

Гумиров Т.Ш., Тлемс А.Т., Тюканько В.Ю., Савинкин В.В., Дюрягина А.

Увеличение защитного ресурса покрытий путем улучшения смачивания компонентов в силиконовых лакокрасочных материалах

Резюме Статья посвящена исследованию влияния фосфорсодержащих поверхностно-активных веществ на смачивание алюминиевых подложек растворами полифенилсилоксанов, рассчитано изменение работы смачивания и показано их влияние на пористость покрытий.

Ключевые слова: Силиконовые поверхностно-активные вещества, сополимер, полиэфир, аппликации, жидкие кристаллы, микроэмульсия, смачивание, синтез, пена, эмульсия.

УДК 519.7

^{1,2}Sh.A. Jomartova, ²N.T. Karymsakova, ²A.T. Tursynbay, ³B.R. Zholmagambetova

(¹Institute of Information and Computing Technologies of the Ministry of Education and Science, Almaty, Kazakhstan, ²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

³L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan,

E-mail: jomartova@mail.ru)

INTERVAL ANALYSIS APPLICATION TO HANDLE CHEMICAL REACTOR

Abstract. The article is devoted to the use of interval analysis for controllability of a chemical reactor. The relevance of the task of determining the controllability of a chemical reactor is shown. A mathematical model of a chemical reaction is considered. This model is built by the law that the frequency coefficients and activation energies have constant values. The paper considers the problem of choosing the optimal control of a chemical reactor. A program in Pascal for numerical modeling is developed. The methods of penalty functions and the gradient method for solving the optimal control problem are proposed.

Key words: chemical reactor, interval analysis, temperature, concentration, reaction, optimal control.

^{1,2}Ш.А. Джомартова, ²Н.Т. Карымсакова, ²А.Т. Турсынбай, ³Б.Р. Жолмагамбетова

(¹Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматы, Республика Казахстан, ²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан, ³Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Республика Казахстан, E-mail: jomartova@mail.ru)

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРВАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ УПРАВЛЯЕМОСТИ ХИМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА

Аннотация. Статья посвящена применению интервального анализа для управляемости химического реактора. Показана актуальность задачи определения управляемости химическим реактором. Рассматривается математическая модель химической реакции. Данная модель построена закону, что частотные коэффициенты и энергии активации имеют постоянные значения. В работе рассмотрена задача выбора оптимального управления химическим реактором. Разработана программа на языке Паскаль для численного моделирования. Предложены методы штрафных функций и градиентный метод для решения задачи оптимального управления.

Ключевые слова: химический реактор, интервальный анализ, температура, концентрация, реакция, оптимальное управление.

Введение. Рассматривается математическая модель химической реакции, протекающей в смеси из трех веществ [1-2]:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= -[K_1(u) + K_2(u) + K_3(u)]x_1, \\ \frac{dx_2}{dt} &= K_1(u)x_1 - K_4(u)x_2, \\ \frac{dx_3}{dt} &= K_4(u)x_2 - K_5(u)x_3, \quad 0 \leq t \leq T. \end{aligned} \quad (1)$$

где использованы следующие обозначения:

$t_0 = 0$ – момент времени, соответствующий началу химической реакции;

T – контактное время реакции (или момент окончания реакции);

$u(t)$ – значение абсолютной температуры в рабочей области химического реактора в момент времени t ;

$x_1(t)$ – концентрация исходного вещества (сырья) в момент времени t ;

$x_2(t)$ – концентрация промежуточного продукта в момент времени t ;

$x_3(t)$ – концентрация конечного продукта в момент времени t ;

$K_i(u)$, $i = \overline{1, 5}$ – интенсивности реакций, зависящие от температуры;

u_{\max} – максимально возможная температура в реакторе, определяемая технологическими характеристиками реактора или условием каталитической устойчивости протекающей реакции.

В данной модели предполагается, что кинетические постоянные скорости реакции K_i , $i = \overline{1, 5}$ подчиняются закону

$$K_i(u) = C_i e^{\frac{E_i}{R} \left[\frac{1}{658} - \frac{1}{u} \right]}, \quad i = \overline{1, 5},$$

частотные коэффициенты C_i , $i = \overline{1, 5}$ и энергии активации E_i , $i = \overline{1, 5}$, согласно [2], имеют значения

$$\begin{aligned} C_1 &= 1.02, & C_2 &= 0.93, & C_3 &= 0.386, & C_4 &= 3.28, & C_5 &= 0.084, \\ E_1 &= 16000, & E_2 &= 14000, & E_3 &= 15000, & E_4 &= 10000, & E_5 &= 15000, \end{aligned}$$

универсальная газовая постоянная имеет значение $R = 1.9865$.

Задавая определенный температурный режим протекания реакции, можно влиять на скорость ее протекания и на количество получаемого в результате нее конечного продукта. Таким образом, температура реакции может выступать в качестве управления. В дальнейшем будем считать, что температура изменяется со временем, и будем обозначать ее через $u(t)$. Следует отметить, что каков бы ни был химический реактор, абсолютная температура в нем не может опускаться ниже 0 градусов, и повышаться выше некоторого значения, которое для каждого реактора определяется его технологическими характеристиками.

Методы. Таким образом, задача управления химическим реактором состоит в нахождении оптимального температурного режима протекания реакции и оптимального контактного времени, которые обеспечивают наибольшую производительность химического реактора.

Обсуждение. В момент начала реакции в реакторе отсутствуют промежуточный продукт и конечный продукт, т.е. их концентрации равны нулю. Концентрация же исходного сырья, напротив, максимальна и равна 1. Таким образом, начальные условия имеют вид

$$x_1(0) = 1, \quad x_2(0) = 0, \quad x_3(0) = 0. \quad (2)$$

Как уже отмечалось, температура в рабочей области реактора не может быть отрицательной и превосходить некоторого предельного значения. Таким образом, имеем ограничения на значения управления

$$0 \leq u(t) \leq u_{\max}, \quad \forall t \in [0, T]. \quad (3)$$

Предельно возможное значение температуры в рабочей области реактора, выбранное из условий каталитической устойчивости реакции, равно $u_{\max} = 823$.

В работе [3] рассмотрена задача выбора оптимального управления химическим реактором. Однако, актуальной остается задача определения управляемости химическим реактором, т.е. существует ли управление $u(t)$, удовлетворяющее условию (3), и переводящее систему из состояния (2) в желаемое состояние

$$x_1(T) = \bar{X}_1, \quad x_2(T) = \bar{X}_2, \quad x_3(T) = \bar{X}_3, \quad (4)$$

за фиксированное время T [4-8].

Для решения поставленной задачи применим интервальную математику [9-12]. В работах [13-14] на основе применения интервальной математики получен критерий управляемости нестационарных линейных систем. Однако, рассматриваемая в данной работе система является нелинейной, что значительно усложняет проблему исследования.

Перепишем систему (1) в интегральной форме

$$\begin{aligned} x_1(t) &= x_1(0) - \int_0^t [K_1(u) + K_2(u) + K_3(u)] x_1 dt, \\ x_2(t) &= x_2(0) + \int_0^t [K_1(u)x_1 - K_4(u)x_2] dt, \\ x_3(t) &= x_3(0) + \int_0^t [K_4(u)x_2 - K_5(u)x_3] dt, \quad 0 \leq t \leq T. \end{aligned} \quad (5)$$

Дискретизируем систему уравнений (5) с шагом h : заменим интегралы в правой части (5) рядами

$$\begin{aligned} x_1(t+h) &= x_1(t) - h[K_1(u(t)) + K_2(u(t)) + K_3(u(t))]x_1(t), \\ x_2(t+h) &= x_2(t) + h[K_1(u(t))x_1(t) - K_4(u(t))x_2(t)], \\ x_3(t+h) &= x_3(t) + h[K_4(u(t))x_2(t) - K_5(u(t))x_3(t)], \quad 0 \leq t \leq h. \end{aligned} \quad (6)$$

Пусть u представляет собой интервал. Обозначим через $u = (-u_{\max}/2, u_{\max}/2)$ - центр интервала $\bar{u} = u_{\max}/2$ - (первое число) и радиусом $u_\varepsilon = u_{\max}/2$ [13]. Подставляя вместо $u(t)$ интервал (\bar{u}, u_ε) и применяя к (6) интервальную математику, получим

$$\begin{aligned} x_1(t+h) &= \text{SubIn}(x_1(t), h * \text{MultIn}(\text{FuncInt}([\text{AddIn}(\text{AddIn}(K_1(u), K_2(u), K_3(u(t)))], x_1(t))), \\ x_2(t+h) &= \text{AddIn}(x_2(t), h * \text{SubIn}([\text{MultIn}(K_1(u), x_1(t)), \text{MultIn}(K_4(u), x_2(t))]), \\ x_3(t+h) &= \text{AddIn}(x_3(t), h * [\text{SubIn}(\text{MultIn}(K_4(u), x_2(t)), \text{MultIn}(K_5(u), x_3(t))]), \quad 0 \leq t \leq h. \end{aligned} \quad (7)$$

где u – представляет собой интервальный вектор управления и, соответственно вектора состояния являются интервальными, все операции в формуле (6) – SubIn, AddIn, MultIn – определены по правилам, определенным в работе [14]. Функция $\text{FuncInt}(u)$ также определена по правилам вычисления нелинейных интервальных функций [14]. Вычисляя по интервальным формулам (7) по времени от 0 до T , получим при $t=T$ интервальный вектор, который обозначим через $y_T = (x_1(T), x_2(T), x_3(T))$.

Результаты. Составим $\bar{x} = (\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3)$, в котором элементы имеют заданные значения (4).

Теорема. Для того чтобы система (1)-(3) была управляемой достаточно, чтобы вектор \bar{x} принадлежал интервальному вектору y_T .

Для численного моделирования на языке Паскаль разработана программа, реализующая вычисления предложенного критерия управляемости и арифметические операции интервального вычисления.

Численные расчеты показали, что за время $T = 1$ система (1) при выполнении ограничений (3) может быть переведена из начального состояния (2) в следующие состояния:

$$\bar{X}_1 \in (0.086, 0.090), \bar{X}_2 \in (0.059, 0.063), \bar{X}_3 \in (0.323, 0.325).$$

Обозначим правую часть системы уравнений (1) в виде $f(x, u, t) = g(x, t) + Bu$, B – постоянная $(n*m)$ -матрица, $g(x, t)$ – n -вектор, элементы которого являются непрерывно-дифференцируемыми функциями по своим аргументам.

Перепишем систему (1) в следующем виде

$$\frac{dx}{dt} = g(x, t) + Bu \quad (8)$$

Состояние системы в начальный момент времени t_0 считается известным (начальное состояние)

$$x(t_0) = x_0 \quad (9)$$

Желаемое состояние в конечный момент времени T может быть описано как фиксированное

$$x(T) = x_T \quad (10)$$

При этом момент времени T считаем фиксированным.

На количественные данные наложены естественные ограничения

$$x_i(t) \geq 0, \quad i = \overline{1, n}, \quad t \in [t_0, T]. \quad (11)$$

Для оценки качества работы системы выбран следующий критерий:

$$J = \int_{t_0}^T [u^*(t)R_0u(t) + (x(t) - g(t))^* R_1(x(t) - g(t))] dt \quad (12)$$

В функционале (12) R_0 – положительно-определенная $m \times m$ -матрица, R_1 – неотрицательно-определенная $n \times n$ -матрица.

Заключение. Рассматривается задача оптимального управления с фазовыми ограничениями (11), ограничениями на управление (3) с закрепленными концами (10).

На настоящее время решение подобных задач содержит ряд математических затруднений.

В этой связи для практического решения задачи оптимального управления используется метод штрафных функций и градиентный метод [15].

Для учета фазовых ограничений (11) и ограничений на конец траектории (10) введем

функции штрафа $\Phi_{1k} = M_{k1} \sum_{i=1}^n \int_{t_0}^T [\max\{x_i(t); 0\}]^2 dt$ и $\Phi_{2k} = M_{k2} \sum_{i=1}^n [x(T) - x_T]^2$, где

$\{M_{k1}\}, \{M_{k2}\}$ некоторые заданные положительные последовательности, стремящиеся к бесконечности.

Построим новый функционал

$$J_k = \int_{t_0}^T \{u^*(t)R_0u(t) + (x(t) - g(t))^* R_1(x(t) - g(t)) + M_{k1} [\max\{x_i(t); 0\}]^2\} dt + M_{k2} \sum_{i=1}^n [x(T) - x_T]^2$$

Заменим исходную задачу следующей: для заданного k найти оптимальное управление, минимизирующее функционал J_k при ограничениях (3), (9) и (11). Полученная задача является задачей оптимального управления со свободным правым концом и ограничением на управления. Для нее составим функцию Гамильтона

$$H_k = u^*(t)R_0u(t) + (x(t) - g(t))^* R_1(x(t) - g(t)) + M_{k1} [\max\{x_i(t); 0\}]^2 + (g(x, t) + Bu(t))^* \psi_k$$

Предлагается следующий алгоритм решения.

Шаг 1. Пусть $k = 0$.

Шаг 2. Вычисляется оптимальное управление для k -ой итерации

$$u_k = \begin{cases} -L & \text{если } R_0^{-1}B\psi_k < 0 \\ R_0^{-1}B\psi_k & \text{если } 0 \leq R_0^{-1}B\psi_k \leq u_{\max} \\ L & \text{если } R_0^{-1}B\psi_k > u_{\max} \end{cases} \quad (13)$$

где ψ_k – решение сопряженной системы дифференциальных уравнений

$$\frac{d\psi_k}{dt} = -\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^* \psi_k - 2R_1(x_k(t) - g(t)) + M_{k1} [\max\{x_{ki}(t); 0\}] \quad (14)$$

с условием на конце

$$\psi_k(T) = 2M_{k2} \sum_{i=1}^n [x_k(T) - x_T]. \quad (15)$$

и x_k – решение исходной системы (8) при начальных условиях (9).

Шаг 3. При найденных x_k и u_k вычисляется значение функционала J_k .

Шаг 4. Если $|J_k - J_{k-1}| \leq \varepsilon$ то переход к шагу 5, иначе $k = k + 1$ и переход к шагу 2. (Здесь $\varepsilon > 0$ – требуемая точность вычисления).

Шаг 5. Найденная пара (x_k, u_k) является оптимальным решением.

Работа выполнена за счет средств грантового финансирования научных исследований на 2018-2020 годы по проекту AP05131027 «Разработка биометрических методов и средств защиты информации».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. – М.: Химия, 1976. – 464 с.
- [2] Кафаров В.В., Глебов С.А. Математическое моделирование основных процессов химических производств. – М.: Высшая школа, 1991. – 429 с.
- [3] Айсагалиев С.А., Кабидолданова А.А., Оспанова М.К. К теории оптимального управления химическим реактором // Известия НАН РК. Серия физико-математическая, 2003. – № 5. – С. 53-61.
- [4] Воронов А.А. Устойчивость, управляемость, наблюдаемость. – М.: Наука, 1979. – 336 с.
- [5] Емельянов С.В., Коровин С.К. и др. Математические методы теории управления. Проблемы устойчивости, управляемости и наблюдаемости. – М.: Физматлит, 2014. – 200 с.
- [6] Воскресенский Е.В. Управляемость и синтез управления нелинейных систем // Известия ВУЗов. Математика. – 2009. – № 10. – С. 3-13.
- [7] Львова Л.Л. Условия управляемости нелинейных систем с параметром // Вестник ТГУ. – 2000. – Т. 5. Вып. 4. – С. 475-476.
- [8] Давыдов А.А., Закалюкин В.М. Управляемость нелинейных систем: типичные особенности и их устойчивость // Успехи матем. наук. – 2012. – Т. 67. Вып. 2 (404). – С. 65-92.
- [9] Шокин Ю.И. Интервальный анализ. – Новосибирск: Наука, 1986. – 224 с.
- [10] Алефельд Г., Херцберг Ю. Введение в интервальные вычисления. – М.: Мир, 1987. – 360 с.
- [11] Назаренко Т.И., Марченко Л.В. Введение в интервальные методы вычислительной математики: Учеб. пособие. – Иркутск: Издательство Иркутского университета, 1982. – 108 с.
- [12] Калмыков С.А., Шокин Ю.И., Юлдашев З.Х. Методы интервального анализа. – Новосибирск: Наука, 1986. – 224 с.
- [13] Мазиков Т.Ж., Джомартова Ш.А. Применение интервального анализа в практических вычислениях // Вычислительные технологии, 2002 № 4(32) - С. 230-234.
- [14] Мазиков Т.Ж., Жанабаев Е.З., Джомартова Ш.А. Критерий управляемости нестационарных линейных систем // Вестник МО и НАН РК №1, 2003 - С. 106-110.
- [15] Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. – М.: Наука, 1980. – 400 с.

Джомартова Ш.А., Карымсакова Н.Т., Турсынбай А.Т., Жолмагамбетова Б.Р.

Химиялық реакторды басқару үшін аралық талдауды қолдану

Түйіндеме. Мақала химиялық реакторды басқару үшін аралық талдауды қолдануға арналған. Бұл жұмыста химиялық реактордың басқару қабілетін анықтау міндетінің өзектілігі көрсетілген. Сондай-ақ, химиялық реакцияның математикалық моделі қарастырылған. Бұл модель жиілік коэффициенттері мен активация энергиясы тұрақты мәндерге ие болатын заңмен құрылған. Мақалада химиялық реакторды оңтайлы басқаруды таңдау мәселесі де қарастырылған. Сандық модельдеуге арналған Паскаль тілінде бағдарлама жасалынған. Функцияның тиімді әдістері және оңтайлы басқару есебін шешудің градиенттік әдісі ұсынылған.

Түйінді сөздер: химиялық реактор, аралық талдау, температура, концентрация, реакция, оңтайлы басқару.

УДК 622.765.061.2

T.S. Kanaly¹, Ye.K. Yessengarayev^{1,2}, Sh.A. Telkov¹
(¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

<i>Голубев В.Г., Орынбасаров А.К., Нарманов М.М., Ордабек, Ж.Р. Джусенов А.У.</i> К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ВОДОНОСНЫХ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗА.....	442
<i>Жетенбаев Н.Т., Балбаев Ф.Қ</i> ИСКУССТВЕННЫЕ МЫШЦЫ В РОБОТОТЕХНИКЕ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	446
<i>Нұрғалиев М.К., Саймбетов А.К., Омарали Б.М., Құттыбай Н.Б., Тукымбеков Д.Х., Досымбетова Г.Б.</i> БЕСПРОВОДНЫЕ ПРИЕМОПЕРЕДАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА НА ОСНОВА ТЕХНОЛОГИИ LORA С РАЗЛИЧНЫМИ ОКОНЕЧНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ.....	454
<i>Боранкулова А.С., Байсбай Д.К., Мынбаева А.Б., Умирбекова А.С., Сатыбалды А.М.</i> ПРИГОТОВЛЕНИЕ СИРОПА ШИПОВНИКА НА ОСНОВЕ СЫВОРОТКИ.....	460
<i>Даулетбаева М.М., Джамилова С.М., Зубова О.А., Кожасхан А.К.</i> ВОЗДЕЙСТВИЯ ШУМА НА УРБАНИЗИРОВАННЫЕ ТЕРРИТОРИИ.....	464
<i>Ералиева Б.Ш., Тунгатарова А.Т., Боранкулова Г.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ КОМПОЗИТНЫХ СТРУКТУР СО ВСТРОЕННЫМИ ОПТОВОЛОКОННЫМИ ДАТЧИКАМИ.....	468
<i>Закенов С.Т., Нуршаханова Л.К., Турнияз М.Б.</i> ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОДНОВРЕМЕННО-РАЗДЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЛАСТОВ СКВАЖИНОЙ ОБОРУДОВАННОЙ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ ДОБЫЧИ.....	473
<i>Касимов А.О., Мукаева А.Т.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ ПО МОЩНОСТИ.....	479
<i>Касымова Д.Т., Ахмедиярова А.Т., Шаяхметова А.С., Тұрдалыұлы М.</i> АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВЫЯВЛЕНИЯ И УСТРАНЕНИЯ ПРОТИВОРЕЧИЙ В БОЛЬШИХ ДАННЫХ.....	486
<i>Наурызбаева А.А., Лаубаева А.Ж., Жунусова А.Қ., Бақытова М.Б., Усипбекова Д.И.</i> ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ.....	494
<i>Заурбеков Т.Т., Досалиев К.С., Босак В.Н., Жантасов М.К., Алтыбаев Ж.М., Исмаилов Б.А., Жантасова Д.М.</i> МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛИ В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПОМЕЩЕНИИ ВОЛОКНИСТО-ЦЕМЕНТНЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	497
<i>Широков И.А., Неворова Е.Г.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ЗАЩИТЕ ЛИЧНЫХ ДАННЫХ.....	500
<i>Жуманов М.А., Щанова Б.Б.</i> АНАЛИЗ ГОРЕНИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТЫ ТЕПЛООВОГО ЭНЕРГОБЛОКА В ТЭЦ.....	504
<i>Гумиров Т.Ш., Тлемс А.Т., Тюканько В.Ю., Савинкин В.В., Дюрягина А.</i> УВЕЛИЧЕНИЕ ЗАЩИТНОГО РЕСУРСА ПОКРЫТИЙ ПУТЕМ УЛУЧШЕНИЯ СМАЧИВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ В СИЛИКОНОВЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ.....	510
<i>Джомартова Ш.А., Карымсакова Н.Т., Турсынбай А.Т., Жолмагамбетова Б.Р.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРВАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ УПРАВЛЯЕМОСТИ ХИМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА.....	516
<i>Каналы Т.С., Есенгараев Е.К., Телков Ш.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ РЕАГЕНТА ИЗ ОРГАНИЧЕСКОГО ПРОДУКТА ДЛЯ ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕЙ РУДЫ.....	521
<i>Құттыбаева А.Е., Кунтуган Е.Т.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СПУТНИКОВОГО И ОПТИЧЕСКОГО КАНАЛА.....	527
<i>Құттыбаева А.Е., Төлтаева Т.Р.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ В СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ.....	530
<i>Отегенов М.Т., Бейсенов Б.С., Сарыбаев Е.Е.</i> ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФИБРОПОЛОМИРБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ КАК АЛЬТЕРНАТИВА ЧУГУННОМУ ЛИТЬЮ.....	533
<i>Сабанова Б.К., Иванова И.В.</i> РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ АЛГОРИТМА ДВИЖЕНИЯ НОГ ДЛЯ ШЕСТИНОГО РОБОТА-ПАУКА.....	535
<i>Молдабаева Г.Ж., Саукен Т.Ж.</i> К ВОПРОСУ О ПЕРЕРАБОТКЕ ШЛАКОВ ФЕРРОСПЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	541

<i>Urmashiev B.A., Kasenov S.Y., Tursynbay A.T., Temirbekov A.N., Amantayeva A.B., Sagimbayeva L.A.</i> SOLUTIONS OF THE INVERSE PROBLEM OF PHARMACOKINETICS FOR THE THREE-COMPARTMENT MODEL.....	708
<i>Mussatay S. S., Bekova G.T., Abykanova B.T.</i> ROGUE WAVE SOLUTIONS OF THE TWO DIMENSIONAL NONLINEAR SCHRÖDINGER EQUATION.....	715
<i>Orazbayev B.B., Tanirbergenova A.A., Kuznetsov A.G., Serimbetov B.A., Orazbayeva K.N.</i> THE MINIMIZATION PROBLEM IN THE CONDITIONS OF THE MINIMUM CRITERIA DRIFT AND SIMPLEX METHODS ITS DECISIONS.....	721
<i>Tussupov D., Mukhanova A., Makhazhanova U.</i> A MATHEMATICAL MODEL OF ASSESSING THE CREDITWORTHINESS OF A SMALL BUSINESS.....	727
<i>Aydossov A., Bayamirova R.U., Togasheva A.R., Zholbassarova A.T.</i> MATHEMATICAL MODELS OF ATMOSPHERIC TRANSPORT OF REACTIVE POLLUTANTS EMITTED BY OIL AND GAS FISHERIES.....	732
<i>Kisala P., Kalizhanova A., Kozbakova A., Yedilkhan D., Aitkulov Zh., Orazbekov Zh.</i> EXPERIMENTAL-MODEL RESEARCHES OF THE INTERROGATION SYSTEM.....	738
<i>Kalizhanova A.U., Shaikulova A.A., Kozbakova A.Kh., Aitkulov Zh.S., Yedilkhan D., Orazbekov Zh.</i> ASSESSMENT OF THE QUALITY OF THE INTERROGATION SYSTEM, TAKING INTO ACCOUNT PHYSICAL, ENVIRONMENTAL, ECONOMIC AND SOCIAL FACTORS.....	748

Chemical and metallurgical sciences

<i>Nazarbekova S.P., Nazarbek U.B., Abdurazova P.A.</i> REVIEW OF THE MAIN METHODS OF COMPOUNDS SYNTHESIS WITH APATITE STRUCTURE.....	758
<i>Merkibayev Y.S., Lukanov V.A., Chepushtanova T.A., Guseinova G.D., Mishra B.</i> THERMODYNAMIC STUDY OF HIGH TEMPERATURE ZINC OXIDE SULFIDATION.....	761
<i>Kydyraliyeva A.D., Besterekov U., Petropavlovskiy I.A., Bolysbek A.A., Urakov K.N.</i> MODELING OF THE EFFECT OF SPECIFIC CONSUMPTION OF AMMONIUM NITRATE, PHOSPHORUS FLOUR AND POTASSIUM CHLORIDE ON THE RATIO OF NUTRIENTS IN NPK-FERTILIZERS.....	766
<i>Yevloyeva Kh.S., Atabayeva S.D., Didorenk S.V., Alybayeva R.A., Kamshybayeva G.K.</i> IRON AND CALCIUM CONTENT IN SOME SOY VARIETIES.....	772

Редакторы:
Н.Ф. Федосенко
Верстка на компьютере:
Л.П. Умирбекова
Д.Ш. Тажиева

Подписано в печать 25.04.2020 г.
Формат 60x84 1/8. Усл. п.л 49,1.
Тираж 500 экз. Заказ № 243.

Адрес редакции:
ул. Сатпаева, 22, КазНИТУ каб. 607, тел. 292-63-46, Nina.Fedorovna. 52 @ mail.ru
Департамент маркетинга и коммуникаций КазНИТУ
Казахского национального исследовательского технического университета имени К.И. Сатпаева