

ISSN 2518-1726 (Online),
ISSN 1991-346X (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Қазақстанның ұлттық ғылым академиясының
әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
al-Farabi Kazakh National University

SERIES
PHYSICO-MATHEMATICAL

5 (339)

SEPTEMBER – OKTOBER 2021

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

NAS RK is pleased to announce that News of NAS RK. Series physico-mathematical 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. Физикалық-математикалық 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 физико-математическая» 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.

Бас редактор:

МҰТАНОВ Ғалымқайыр Мұтанұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының м.а. (Алматы, Қазақстан) Н=5

Редакция алқасы:

ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәділұлы (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының кеңесшісі, зертхана меңгерушісі (Алматы, Қазақстан) Н=7

БАЙГУНЧЕКОВ Жұмаділ Жанабайұлы (бас редактордың орынбасары), техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты, Сағпаев университетінің Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы, (Алматы, Қазақстан) Н=3

ВОЙЧИК Вальдемар, техника ғылымдарының докторы (физика), Люблин технологиялық университетінің профессоры (Люблин, Польша) Н=23

БОШКАЕВ Қуантай Авғазыұлы, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан) Н-10

QUEVEDO Hemando, профессор, Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика) Н=28

ЖҮСПОВ Марат Абжанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан) Н=7

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина) Н=5

МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович, техника ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі (Минск, Беларусь) Н=2

РАМАЗАНОВ Тілекқабыл Сәбитұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан) Н=26

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан) Н=5

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова) Н=42

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан-Британ техникалық университеті (Алматы, Қазақстан) Н=10

ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан) Н=12

КАЛАНДРА Пьетро, Ph.D (физика), Наноқұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия) Н=26

«ҚР ҰҒА Хабарлары.

Физика-математикалық сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 14.02.2018 ж. берілген **№ 16906-Ж** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *математика, информатика, механика, физика, ғарыштық зерттеулер, астрономия, ионосфера.*

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекен-жайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., тел.: 272-13-19

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2021

Типографияның мекен-жайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Мұратбаев көш., 75.

Главный редактор:

МУТАНОВ Галимкаир Мутанович, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МОН РК (Алматы, Казахстан) Н=5

Редакционная коллегия:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, советник генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МОН РК, заведующий лабораторией (Алматы, Казахстан) Н=7

БАЙГУНЧЕКОВ Жумадил Жанабаевич, (заместитель главного редактора), доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Институт кибернетики и информационных технологий, кафедра прикладной механики и инженерной графики, университет Сатпаева (Алматы, Казахстан) Н=3

ВОЙЧИК Вальдемар, доктор технических наук (физ.-мат.), профессор Люблинского технологического университета (Люблин, Польша) Н=23

БОШКАЕВ Куантай Авгазыевич, доктор Ph.D, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н=10

QUEVEDO Hemando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика) Н=28

ЖУСУПОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н=7

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина) Н=5

МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович, доктор технических наук, профессор, академик НАН Беларуси (Минск, Беларусь) Н=2

РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, проректор по научно-инновационной деятельности, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н=26

ТАКИБАЕВ Нургали Жабагаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н=5

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова) Н=42

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахстанско-Британский технический университет (Алматы, Казахстан) Н=10

ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович, доктор физико-математических наук, профессор, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н=12

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (Ph.D, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия) Н=26

«Известия НАН РК.

Серия физико-математическая».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

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

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № 16906-Ж выданное 14.02.2018 г.

Тематическая направленность: *математика, информатика, механика, физика, космические исследования, астрономия, ионосфера.*

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, оф. 219, тел.: 272-13-19

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2021

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

Editor in chief:

MUTANOV Galimkair Mutanovich, doctor of technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, acting director of the Institute of Information and Computing Technologies of SC MES RK (Almaty, Kazakhstan) H=5

Editorial board:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich (Deputy Editor-in-Chief), doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Advisor to the General Director of the Institute of Information and Computing Technologies of SC MES RK, Head of the Laboratory (Almaty, Kazakhstan) H=7

BAYGUNCHEKOV Zhumadil Zhanabayevich, (Deputy Editor-in-Chief), doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Institute of Cybernetics and Information Technologies, Department of Applied Mechanics and Engineering Graphics, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan) H=3

WOICIK Waldemar, Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor, Lublin University of Technology (Lublin, Poland) H=23

BOSHKAYEV Kuantai Avgazievich, PhD, Lecturer, Associate Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan) H=10

QUEVEDO Hemando, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico) H=28

ZHUSSUPOV Marat Abzhanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan) H=7

KOVALEV Alexander Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician of NAS of Ukraine, Director of the State Institution «Institute of Applied Mathematics and Mechanics» DPR (Donetsk, Ukraine) H=5

MIKHALEVICH Alexander Alexandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS of Belarus (Minsk, Belarus) H=2

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Vice-Rector for Scientific and Innovative Activity, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan) H=26

TAKIBAYEV Nurgali Zhabagaevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan) H=5

TIGHINEANU Ion Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician, Full Member of the Academy of Sciences of Moldova, President of the AS of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova) H=42

KHARIN Stanislav Nikolayevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan) H=10

DAVLETOV Askar Erbulanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan) H=12

CALANDRA Pietro, PhD in Physics, Professor at the Institute of Nanostructured Materials (Monterotondo Station Rome, Italy) H=26

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.
ISSN 2518-1726 (Online),
ISSN 1991-346X (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty). The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan No. 16906-Ж, issued 14.02.2018

Thematic scope: *mathematics, computer science, mechanics, physics, space research, astronomy, ionosphere.*

Periodicity: 6 times a year.

Circulation: 300 copies.

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

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES
ISSN 1991-346X

Volume 5, Number 339 (2021), 145–152

<https://doi.org/10.32014/2021.2518-1726.95>

УДК 681.5

Оразбаев Б.Б.¹, Жумадиллаева А.К.¹, Дюсекеев К.А.¹, Сантеева С.А.^{1*}, Xiao-Guang Yue²

¹ Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан;

² Rattanakosin International College of Creative Entrepreneurship, Rajamangala University of Technology
Rattanakosin, Nakhon Pathom 73170, Тайланд.

E-mail: saya_santeeva@mail.ru

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РЕАКТОРОВ РИФОРМИНГА БЕНЗИНА УСТАНОВКИ ЛГ-35-11/300-95 НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Аннотация. В работе на основе системного подхода и с использованием доступной информации различного характера построены математические модели объектов исследования – реакторов риформинга установки каталитического риформинга ЛГ-35-11/300-95 Атырауского нефтеперерабатывающего завода, так как объекты исследования функционируют в условиях неопределенности из-за дефицита и нечеткости исходной информации для разработки моделей для оценки качества целевой продукции реакторов, т.е. катализата использована нечеткая информация, в виде формализованных знаний и опыта экспертов, лица, принимающего решения. Для сбора, формализации и обработки такую нечеткую информации с целью использования ее при разработке моделей используются методы экспертных оценок и теорий нечетких множеств. При разработке моделей определения объема вырабатываемой продукции с реакторов риформинга используются экспериментально-статистические данные и теоретические сведения и для оценки выхода катализа с реакторов построены статистические модели в виде множественных регрессионных уравнений.

Структурная идентификация математических моделей реакторов риформинга проведена на основе метода последовательного включения регрессоров, а для параметрической идентификации неизвестных коэффициентов регрессии применены методы наименьших квадратов с помощью пакета программ REGRESS. Для идентификации нечетких параметров, т.е. коэффициентов нечетких уравнений регрессии используется модифицированный метод наименьших квадратов с применением множества уровня $\alpha=0,5; 0,75; 1$, т.е. путем замены нечеткости на четкости на этих α срезах. Для системного моделирования режимов работы блока риформинга предлагается разрабатываемых моделей реакторов риформинга и модели других основных агрегатов установки объединить в единый пакет в соответствии со схемой протекания технологического процесса риформинга на установке каталитического риформинга.

Ключевые слова: математические модели, нечеткие модели, системный подход, пакет моделей, реакторы риформинга, катализат.

Введение. Технологический процесс каталитического риформинга прямогонного бензина, который протекает на реакторах риформинга установки каталитического риформинга является одним из важнейших процессов современной нефтепереработки и нефтехимии [1, 2]. Установка каталитического риформинга предназначена для производства высококачественных моторных топлив, высокооктанового компонента автомобильных бензинов, а также ароматических углеводородов, которые используются в качестве сырья в нефтехимии.

На Атырауском нефтеперерабатывающем заводе (НПЗ) с начала 70-х годов прошлого века эксплуатируется установка каталитического риформинга бензиновых фракций модели ЛГ-35-11/300-95 с проектной производительностью по сырью 300 тыс. т/год [3]. Установки каталитического риформинга модели ЛГ произведены в Ленинграде по технологии Германии и эксплуатируются во всех крупных зарубежных и казахстанских НПЗ. Целевым продуктом установки ЛГ-35-11/300-95

Атырауского НПЗ является высокооктановый компонент товарных бензина с октановым числом до 95 пунктов по исследовательскому методу и сжиженный бытовой газ [3, 4].

В настоящее время одним из актуальных задач нефтепереработки и экономики Республики Казахстан является повышение глубины переработки нефти и увеличения производства высококачественных моторных топлив. Важность этой задачи также обосновывается тем, что сегодня большой спрос на эти нефтепродукты и внутреннем и мировом рынке. Известные, ранее использованные способы повышения октанового числа, т.е. качества бензина путем добавления этилового спирта или других присадок в настоящее время запрещены, так как это повышает количество вредных выбросов и нарушает экологические требования. Поэтому в настоящее время повышение качества моторных топлив осуществляется на основе технологии каталитического крекинга и риформинга, хотя это и дорогой способ. В связи с повышением экологических требований к моторным топливам актуальность производства высококачественного бензина, отвечающим требованиям экологических стандартов и нормативов, возрастает еще выше. Наиболее эффективным подходом к решению вышеизложенной задачи в условиях, эксплуатируемых на НПЗ установок ЛГ, является применение методов математического моделирования и оптимизации, которые позволяют оптимально управлять процессом риформинга [1, 5, 6].

На практике при разработке математических моделей и алгоритмов оптимизации и управления сложными технологическими комплексами, каким является установка ЛГ-35-11/300-95 Атырауского НПЗ функционирующая долгие годы возникают проблемы неопределенности из-за дефицита, нечеткости необходимой для построения моделей исходной информации [7, 8]. В этих условиях для разработки математических моделей и алгоритмов управления такими технологическими объектами, которые характеризуются дефицитом и нечеткостью исходной информации, приходится применить доступную информацию различного характера, в т.ч. нечеткую информацию, характеризующую работу объекта. Для многих сложных технологических объектов, которые работают долгие годы, обычно такая нечеткая информация, представляющая собой формализованный опыт знания, и интуицию производственного персонала – человека-оператора, технолога, лица, принимающего решения (ЛПР) непосредственно управляющие объектом, имеется. Развитие методов экспертных оценок, математического аппарата теорий нечетких множеств и методов системного анализа позволило формализовать, обработать и применить нечеткую информацию для решения проблем неопределенности из-за нечеткости исходной информации при разработке математических моделей, алгоритмов оптимизации и управления сложными количественно трудно описываемыми объектами [9, 10, 11]. В соответствии с этим сформулирована цель исследования данной работы.

Целью работы является разработка математических моделей реакторов риформинга прямогонного бензина установки каталитического риформинга ЛГ-35-11/300-95 Атырауского НПЗ на основе системного подхода и с применением методов экспертных оценок и теорий нечетких множеств.

Материалы и методы. Для обеспечения достижения сформулированной цели исследования в работе ставятся и решаются следующие основные задачи:

- исследовать режимов работы установки каталитического риформинга ЛГ-35-11/300-95 Атырауского НПЗ;
- произвести сбор и обработку экспериментально-статистических данных и теоретических сведений о функционировании объекта исследования, а также нечеткой информации на основе методов экспертной оценки, которые необходимы для разработки математических моделей реакторов риформинга установки ЛГ-35-11/300-95;
- разработать систему математических моделей реакторов риформинга установки ЛГ-35-11/300-95 Атырауского НПЗ, которые объединяются в единый пакет моделей.

Для разработки математических моделей взаимосвязанных реакторов риформинга исследуемой установки ЛГ-35-11/300-95 на основе нечеткой информации и других доступных данных используются методы системного анализа [11, 12]; методы экспертной оценки и теорий нечетких множеств [7, 9, 10, 13]; экспериментально-статистические методы построения статистических моделей [6, 10, 14] и гибридный метод построения моделей [15].

Результаты исследования. Установка каталитического риформинга ЛГ-35-11/300-95 имеет 4 ректоров: Р-2, Р-3, Р-4 и Р-4а, которые соединены между собой [3]. В этих реакторах протекает технологический процесс риформинга. Для оптимизации и принятия решений по управлению режимами работы реакторов риформинга разрабатываем математические модели реакторов Р-2, Р-3, Р-4 и Р-4а. С целью построения математических моделей исследованы режимы работы реакторов

риформинга на основе теоретических сведений, экспериментально-статистических данных и нечеткой информации, полученной с помощью методов экспертной оценки и формализованной методами теорий нечетких множеств. Таким образом, математические модели построены на основе уравнения материального баланса, статистических данных и экспертной информации, обработанные методами математической статистики (статистические данные) и методами теорий нечетких множеств (нечеткая информация).

Таким образом, в результате обработки экспериментально-статистических и экспертных данных и применяя идею метода последовательного включения регрессоров, на основе метода построения математических моделей в нечеткой среде [16] идентифицирована следующие структуры моделей исследуемых реакторов:

$$y_1^{R_2} = a_0 + \sum_{i=1}^5 a_i x_i + \sum_{i=1}^5 \sum_{k=i}^5 a_{ik} x_i x_k, \quad (1)$$

$$y_1^{R_3} = a_0 + \sum_{i=1}^5 a_i x_i + \sum_{i=1}^5 \sum_{k=i}^5 a_{ik} x_i x_k, \quad (2)$$

$$y_1^{R_{4,4a}} = a_0 + \sum_{i=1}^5 a_i x_i + \sum_{i=1}^5 \sum_{k=i}^5 a_{ik} x_i x_k, \quad (3)$$

$$y_j = a_{0j} + \sum_{i=1}^5 a_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^5 \sum_{k=i}^5 a_{ikj} x_{ij} x_{kj}, \quad j = 2,3, \quad (4)$$

$$\tilde{y}_j = \tilde{a}_{0j} + \sum_{i=1}^5 \tilde{a}_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^5 \sum_{k=i}^5 \tilde{a}_{ikj} x_{ij} x_{kj}, \quad j = \overline{4,6}, \quad (5)$$

где $y_1^{R_2}, y_1^{R_3}, y_1^{R_{4,4a}}$ – выходные параметры, объемы катализатора с реакторов P-2, P-3, P-4 и P-4a; $y_j, j = 2,3$ – соответственно, выход сухого газа и водородсодержащего газа (ВСГ); $\tilde{y}_j, j = 4,6$ – основные качественные показатели катализатора, а именно октановое число (\tilde{y}_4), фракционный состав: 10% отгонка (\tilde{y}_5) и 50% отгонка (\tilde{y}_6). Эти качественные показатели определяются с участием человека – лаборантов центральной заводской лаборатории (экспертов предметной области) и отличаются нечеткостью. Октановое число должно быть не менее (\geq) 86 по моторному методу, а фракционный состав не выше, т.е. ≤ 70 °C (для 10% отгонки) и ≤ 115 °C (для 50% отгонки).

В моделях (1)-(5) входные и режимные параметры реакторов ($x_i, i = \overline{1,5}$) обозначены следующим образом: x_1 – расход подаваемого сырья (50-80 м³/час); x_2 – объемная скорость в реакторах риформинга (1.0-1.5 час⁻¹м³/час); x_3 – температура в реакторах риформинга (470-510°С в P-2, 480-520°С в P-3 и 490-525°С в P-4,4a); x_4 – давление в реакторах риформинга (25-39кг/см³ в P-2, 22-35кг/см² в P-3 и 20-30 кг/см² в P-4,4a); $x_5 = \frac{H_2}{x_1}$ т.е. соотношение водород/сырье, принимает значения в интервале от 300 до 500 нм³. a_{0j}, a_{ij}, a_{ikj} и $\tilde{a}_{0j}, \tilde{a}_{ij}, \tilde{a}_{ikj}$ – соответственно, четкие и нечеткие параметры моделей (1)-(5), т.е. коэффициенты регрессии, которые подлежат идентификации.

Из результатов структурной идентификации моделей реакторов риформинга видно, что модели, описывающие выходы продукции (катализатора, сухого газа и ВСГ) (1)-(4) построены экспериментально-статистическими методами в виде уравнений множественной регрессии. А модели, оценивающие качество катализатора, идентифицированы в виде нечетких уравнений множественной регрессии на основе методов построения нечетких моделей используя нечеткую информацию от ЛПР, экспертов предметной области.

Идентификация параметров (коэффициентов регрессии) моделей (1)-(4) произведена с применением известных методов параметрической идентификации на основе экспериментально-статистических данных и метода наименьших квадратов с использованием пакета программ REGRESS, в котором программно реализован метод наименьших квадратов для произвольного количество параметров. В результате определены зависимость выхода катализатора и ВСГ от входных, режимных параметров $x_i, i = \overline{1,5}$ в виде следующих выражений (6) -(9):

$$\begin{aligned}
 y_1^{R_2} = & 0.398481 \cdot x_1 + 12.153846154 \cdot x_2 - 0.032113821 \cdot x_3 - 0.983750 \cdot x_4 + \\
 & + 0.019750 \cdot x_5 + 0.00493750 \cdot x_1^2 + 9.349112426 \cdot x_2^2 - 0.000065272 \cdot x_3^2 - \\
 & - 0.0379200 \cdot x_4^2 + 0.00049375 \cdot x_5^2 + 0.227884615 \cdot x_1x_2 + 0.000100356 \cdot x_1x_3 + \\
 & + 0.00197500 \cdot x_1x_4 + 0.000494630 \cdot x_1x_5 + 0.03754409 \cdot x_2x_3 - \\
 & - 0.486153846 \cdot x_2x_4 - 0.00064276 \cdot x_3x_4
 \end{aligned} \tag{6}$$

$$\begin{aligned}
 y_1^{R_3} = & 0.39500 \cdot x_1 + 12.107692308 \cdot x_2 - 0.01862348 \cdot x_3 - 0.9758800 \cdot x_4 + \\
 & + 0.01967500 \cdot x_5 + 0.005044063 \cdot x_1^2 + 8.954708798 \cdot x_2^2 - 0.000064499 \cdot x_3^2 - \\
 & - 0.04989583 \cdot x_4^2 + 0.000049187 \cdot x_5^2 + 0.2388873593 \cdot x_1x_2 + 0.000010083 \cdot x_1x_3 + \\
 & + 0.002083525 \cdot x_1x_4 + 0.000517207 \cdot x_1x_5 + 0.035873247 \cdot x_2x_3 - \\
 & - 0.504487179 \cdot x_2x_4 - 0.000663799 \cdot x_3x_4
 \end{aligned} \tag{7}$$

$$\begin{aligned}
 y_1^{R_{4,4a}} = & 0.3989835 \cdot x_1 + 11.1869231 \cdot x_2 - 0.031589537 \cdot x_3 - 1.02391304 \cdot x_4 + \\
 & + 0.0253700 \cdot x_5 + 0.005069676 \cdot x_1^2 + 9.289940828 \cdot x_2^2 - 0.000058560 \cdot x_3^2 - \\
 & - 0.044517958 \cdot x_4^2 + 0.000049063 \cdot x_5^2 + 0.230182778 \cdot x_1x_2 + 0.000100348 \cdot x_1x_3 + \\
 & + 0.002168388 \cdot x_1x_4 + 0.000498729 \cdot x_1x_5 + 0.036449466 \cdot x_2x_3 - \\
 & - 0.525083612 \cdot x_2x_4 - 0.000686729 \cdot x_3x_4
 \end{aligned} \tag{8}$$

$$\begin{aligned}
 y_3 = & 500.0000 \cdot x_1 + 7142.8571 \cdot x_2 + 10.10100 \cdot x_3 - 1458.3333 \cdot x_4 + 25.000 \cdot x_5 + \\
 & + 6.2500 \cdot x_1^2 + 5102.0408x_2^2 + 0.0204 \cdot x_3^2 - 60.7639 \cdot x_4^2 + 0.0625 \cdot x_5^2 + \\
 & + 178.5714 \cdot x_1x_2 + 0.2525 \cdot x_1x_3 - 15.6250 \cdot x_1x_4 + 15.6345 \cdot x_1x_5 - \\
 & - 297.6190 \cdot x_2x_4 - 2.5252 \cdot x_3x_4 - 0.05051 \cdot x_3x_5 - 1.0417 \cdot x_4x_5.
 \end{aligned} \tag{9}$$

С целью параметрической идентификации нечетких коэффициентов регрессии $\tilde{a}_{ij}, i = \overline{0,5}$ и $\tilde{a}_{ikj}, i, k = \overline{0,5}, j = \overline{4,6}$ моделей (5) нечеткие множества, описывающие качественные показатели продукции, разбиты на следующие множества уровня $\alpha = 0,5; 0,75; 1$. Затем на основе методов теорий нечетких множеств определяются значения качественных показателей катализатора \tilde{y}_4, \tilde{y}_5 и \tilde{y}_6 для каждого уровня α . Тогда для каждого уровня $\alpha=0,5; 0,75; 1$, моделей (5), описывающих качественных показателей катализатора получиться в виде системы уравнения множественной регрессии.

Таким образом, задачу идентификации полученной систему моделей коэффициентов $a_{ij}^{\alpha q}, i = \overline{0,5}, j = \overline{4,6}, q = \overline{1,3}$ можно решать, как известные задачи оценивания параметров множественной регрессии, например методом наименьших квадратов. При этом можно использовать подходящие пакеты программ. Нами использован пакет программ REGRESS, позволяющий идентифицировать коэффициентов нелинейной регрессии на основе модифицированного метода наименьших квадратов.

Идентифицированные регрессионные коэффициенты регрессии $a_{ij}^{\alpha q}$ модели (5), затем с целью оценки значений нечетких коэффициентов объединяются на основе следующего правила теорий нечетких множеств:

$$\text{или } \mu_{\tilde{a}_{ij}}(a_{ij}) = \sup_{\alpha \in [0,5,1]} \min \{ \alpha, \mu_{a_{ij}^{\alpha q}}(a_{ij}) \}, \text{ где } a_{ij}^{\alpha q} = \{ a_{ij} | \mu_{\tilde{a}_{ij}}(a_{ij}) \geq \alpha \}.$$

На основе приведенных результатов моделей, описывающих нечеткую зависимость качественных показателей катализатора \tilde{y}_j от входных параметров x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 , например для октанового числа катализатора (\tilde{y}_4), можно записать в виде:

$$\begin{aligned}
 \tilde{y}_4 = & \left(\frac{0.5}{0.430000} + \frac{0.75}{0.433000} + \frac{1}{0.435000} + \frac{0.75}{0.437000} + \frac{0.5}{0.440000} \right) x_{14} - \\
 & - \left(\frac{0.5}{20.076906} + \frac{0.75}{20.076916} + \frac{1}{20.076923} + \frac{0.75}{20.076930} + \frac{0.5}{20.076938} \right) x_{24} + \\
 & - \left(\frac{0.5}{0.052810} + \frac{0.75}{0.052824} + \frac{1}{0.052834} + \frac{0.75}{0.052844} + \frac{0.5}{0.052858} \right) x_{34} - \\
 & - \left(\frac{0.5}{0.724870} + \frac{0.75}{0.724950} + \frac{1}{0.720000} + \frac{0.75}{0.725050} + \frac{0.5}{0.725130} \right) x_{44} + \\
 & + \left(\frac{0.5}{0.042209} + \frac{0.75}{0.042339} + \frac{1}{0.042439} + \frac{0.75}{0.042539} + \frac{0.5}{0.042669} \right) x_{54} + \\
 & + \left(\frac{0.5}{0.005198} + \frac{0.75}{0.005328} + \frac{1}{0.005438} + \frac{0.75}{0.005548} + \frac{0.5}{0.005688} \right) x_{14}^2 - \\
 & - \left(\frac{0.5}{15.443467} + \frac{0.75}{15.443637} + \frac{1}{15.446787} + \frac{0.75}{15.443937} + \frac{0.5}{15.443112} \right) x_{24}^2 +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \left(\frac{0.5}{0.000007} + \frac{0.75}{0.000057} + \frac{1}{0.000107} + \frac{0.75}{0.000157} + \frac{0.5}{0.000207} \right) x_{34}^2 - \\
& - \left(\frac{0.5}{0.030058} + \frac{0.75}{0.030138} + \frac{1}{0.030138} + \frac{0.75}{0.030278} + \frac{0.5}{0.030358} \right) x_{44}^2 + \\
& + \left(\frac{0.5}{0.000004} + \frac{0.75}{0.000054} + \frac{1}{0.000104} + \frac{0.75}{0.000154} + \frac{0.5}{0.000224} \right) x_{54}^2 + \\
& + \left(\frac{0.5}{0.000100} + \frac{0.75}{0.000170} + \frac{1}{0.000220} + \frac{0.75}{0.000270} + \frac{0.5}{0.000340} \right) x_{14}x_{34} + \\
& + \left(\frac{0.5}{0.000125} + \frac{0.75}{0.000205} + \frac{1}{0.000265} + \frac{0.75}{0.000325} + \frac{0.5}{0.000405} \right) x_{14}x_{54} - \\
& - \left(\frac{0.5}{0.557242} + \frac{0.75}{0.557492} + \frac{1}{0.557692} + \frac{0.75}{0.557892} + \frac{0.5}{0.558142} \right) x_{24}x_{44} + \\
& + \left(\frac{0.5}{0.000006} + \frac{0.75}{0.000046} + \frac{1}{0.000086} + \frac{0.75}{0.000126} + \frac{0.5}{0.000166} \right) x_{34}x_{54}.
\end{aligned}$$

Аналогично определяется и 10% (\tilde{y}_5) \tilde{y}_5 и 50% отгонка (\tilde{y}_6), характеризующая также качества катализата.

Обсуждение результатов. Для разработки математических моделей реакторов риформинга использованы экспериментально-статистические данные и нечеткая информация, представляющая собой знания, опыт и интуиции специалистов-экспертов, лица, принимающего решения (технологов и операторов). Процессы сбора, формализации и обработки нечеткой информации проведены с применением методов экспертной оценки и теорий нечетких множеств. Как видно из структуры разработанных моделей, модели, описывающие выход катализа из реакторов, идентифицированы в виде нелинейных уравнений множественной регрессии (1)-(4) на основе экспериментально-статистических данных. А нечеткие модели, оценивающие качественные показатели катализата идентифицированы в виде регрессионных моделей с нечеткими параметрами (5). Структурная идентификация полученных моделей проведена на основе идеи метода последовательного включения регрессоров. Идентификация параметров моделей (1)-(4) проведена с применением метода наименьших квадратов с помощью пакета программ REGRESS. Для идентификации нечетких параметров моделей (5) применен модифицированный метод наименьших квадратов путем предварительного преобразования нечетких моделей на систему четких моделей на основе множества уровня $\alpha=0,5; 0,75; 1$.

Для системного моделирования установки каталитического риформинга ЛГ-35-11/300-95, разработанные выше математические модели реакторов риформинга и модели других основных агрегатов установки, объединяются в единый пакет в соответствии с протеканием процесса. В блоке риформинга установки ЛГ-35-11/300-95 к основным агрегатам, для которых необходимо построить моделей относятся печи риформинга П-1 и сепараторы риформинга С-7, С-8.

Тогда пакет, т.е. взаимосвязанная система моделей основных агрегатов реализуется в виде взаимосвязанных программ, позволяющих системно моделировать основных агрегатов установки (П-1, Р-2, Р-3, Р-4, Р-4а, С-7, С-9). В этом пакете программ результаты расчета одной программы (выход модели одного агрегата) являются входными данными для другой программы (вход модели другого агрегата). Например, в пакете моделей результаты моделирования печи П-1 являются входными данными модели реакторов Р-2 и Р-3. А результаты моделирования реактора Р-3 поступают на вход моделей реакторов Р-4, 4а. Моделируя с помощью этого пакета различные режимы процесса риформинга, можно решать задачу принятия решений по управлению режимами работы объекта.

Заключение. Изложены результаты исследования по разработке математических моделей реакторов риформинга Р-2, Р-3, Р-4 и Р-4а установки каталитического риформинга ЛГ-35-11/300-95, функционирующей на Атырауском НПЗ. На производстве моделируемые реакторы характеризуются нечеткостью некоторой части исходной информации, описывающей качественные показатели катализата, который является основным целевым продуктом реакторов. В этой связи модели, оценивающие качества продукта, построены в виде нечетких моделей. Модели, определяющие объемы выходных продуктов, т.е. катализата, сухого газа и ВСГ построены на основе экспериментально-статистических данных. Таким образом, в работе получены следующие основные результаты:

1. Структура математических моделей, определяющие выходы продуктов идентифицированы в виде нелинейных регрессионных уравнений, а параметры (регрессионные коэффициенты) идентифицированы на основе методов наименьших квадратов с применением пакета программ REGRESS.

2. Нечеткие модели, оценивающие качества катализата, структурно идентифицированы в виде нечетких уравнений множественной регрессии с нечеткими коэффициентами. Параметры нечетких моделей, т.е. нечеткие регрессионные коэффициенты идентифицированы на основе методов теорий нечетких множеств и модифицированного метода наименьших квадратов.

Исследование финансируется Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант № AP08855680 - Интеллектуализированная система поддержки принятия решений для управления режимами работы установки каталитического риформинга).

Оразбаев Б.Б.¹, Жумадилаева А.К.¹, Дюсекеев К.А.¹, Сантеева С.Ә.^{1*}, Xiao-Guang Yue²

¹ Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан;

² Rattanakosin International College of Creative Entrepreneurship, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Nakhon Pathom 73170, Тайланд.

E-mail: saya_santeeva@mail.ru

ЖҮЙЕЛІК ТӘСІЛДЕМЕ НЕГІЗІНДЕ ЛГ-35-11/300-95 ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ БЕНЗИНДІ РИФОРМИНГТЕУ РЕАКТОРЛАРЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРІН ҚҰРУ

Аннотация. Бұл жұмыста жүйелі тәсілдеме негізінде және әртүрлі сипаттағы қолжетімді ақпаратты қолдану арқылы Атырау мұнай өңдеу зауытының каталитикалық риформинг қондырғысының риформингтеу реакторларының математикалық модельдері құрылды. Зерттеу объектілері бастапқы ақпараттың жетіспеушілігі мен айқынсыздығына байланысты анықталмағандық жағдайында жұмыс жасайтындықтан, шешім қабылдаушы тұлға мен сарапшылардың білімі мен тәжірибесі болып табылатын айқын емес ақпарат катализаттың сапасын бағалау модельдерін құру үшін қолданылады. Айқын емес ақпараттарды жинау, формализациялау және өңдеу, модельдерді құруда қолдану үшін, сараптамалық бағалау әдістері мен айқын емес жиындар теориясы тәсілдері қолданылады. Риформингтеу реакторларынан шығатын өнімнің көлемін анықтайтын модельдерді құру кезінде эксперименттік-статистикалық деректер мен теориялық мәліметтер қолданылады.

Математикалық модельдердің құрылымдық идентификациялау регрессорларды тізбектей қосу тәсілі негізінде жүзеге асырылған, ал белгісіз регрессия коэффициенттерін параметрлік идентификациялау үшін ең кіші квадраттар тәсілі қолданылды. Айқын емес параметрлерді анықтау үшін, айқын емес жиындар теориясындағы $\alpha = 0,5; 0,75; 1$. деңгейлік жиындар негізінде өзгертілген ең кіші квадраттар әдісі қолданылады. Риформинг қондырғысының жұмыс режимдерін жүйелі модельдеу үшін риформингтеу реакторларының құрылған модельдері мен қондырғының басқа негізгі агрегаттарының модельдерін риформинг процесінің жүру барысына сәйкес бір модельдер пакетіне біріктіру ұсынылады.

Түйінді сөздер: математикалық модельдер, айқын емес модель, жүйелік тәсілдеме, риформингтеу реакторлары, катализат.

Orazbayev B.¹, Zhumadillayeva A.¹, Dyussekeyev K.¹, Santeyeva S.¹, Xiao-Guang Yue²

¹ L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan;

² Rattanakosin International College of Creative Entrepreneurship, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Nakhon Pathom 73170, Thailand.

E-mail: saya_santeeva@mail.ru

DEVELOPMENT MATHEMATICAL MODELS OF PETROL REFORMING REACTORS OF THE LG-35-11 / 300-95 INSTALLATION BASED ON A SYSTEM APPROACH

Abstract. In this work on the basis of a systematic approach and using available information of varied form built mathematical models of objects of research - reforming reactors of the LG-35-11/300-95 catalytic reforming installation of the Atyrau oil refinery. Since the objects of research operate under conditions of uncertainty due to the lack and fuzzy of the initial information for the development of models to assess the

quality of the target products of reactors, i.e. catalysis used fuzzy information in the form of formalized knowledge and experience of experts, a decision-maker. To collect, formalize and process such fuzzy information for the purpose of using to the development of models used methods of expert assessments and theories of fuzzy sets. When developing models to determining the volume of produced products from reforming reactors used the experimental and statistical data and theoretical information and to testing yield of catalysis from reactors statistical models in the form of multiple regression equations are built.

Structural identification of mathematical models of reforming reactors was carried out on the basis of the method of sequential inclusion of regressors and for parametric identification of unknown regression coefficients least squares methods were applied using the REGRESS software package. To identify fuzzy parameters, i.e. the coefficients of the fuzzy regression equations the modified least squares method is used with the use of a set of levels $\alpha = 0.5; 0.75; 1$, i.e. by replacing fuzziness with clarity on these α period. For the system modeling of the operating modes of the reforming unit, the developed models of the technological process of reforming at the catalytic reforming installation are proposed. To combine reforming reactors and models of other main units of the installation into a single package in accordance with the flow diagram.

Key words: mathematical models, fuzzy models, systems approach, reforming reactors, catalysis.

Information about authors:

Orazbayev B.B – Doctor of Science (Technical), academician of the Engineering academy of the Republic of Kazakhstan, professor of the department of System analysis and management, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str.2A, Nur-Sultan, Kazakhstan. E-mail: batyr_o@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2109-6999>;

Zhumadillayeva A.K. – Candidate of Science(Technical), Associate Professor, Deputy Dean of the Faculty of Information Technologies, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str.2A, Nur-Sultan, Kazakhstan. E-mail: ay8222@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1042-0415>;

Dyussekeyev K.A. – Candidate of Science(Technical), PhD, Head of the Department of Computer and Software Engineering, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str.2A, Nur-Sultan, Kazakhstan. E-mail: abetovich@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7691-2506>;

Santeyeva S.A. – doctoral student of the Department of System Analysis and Control, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str.2A, Nur-Sultan, Kazakhstan. E-mail: saya_santeeva@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9426-6704>;

Xiao-Guang Yue – Professor of Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Nakhon Pathom 73170, Thailand. E-mail: x.yue@external.euc.ac.cy; <https://orcid.org/0000-0000000-0002-3004-69617>.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Прокопюк С.Г., Масгутов Р.Н. Промышленные установки каталитического крекинга: учебное пособие для вузов. – М.: Химия, 3-изд. 2018. -310 с.

[2] Хатмуллина Д.Д. Каталитический риформинг // Технические науки: теория и практика: Молодой ученый, 2014. №4. -С.106-109. ISBN 978-5-905483-15-8 URL: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/88/4681/> (дата обращения: 16.10.2020).

[3] Технологический регламент установки каталитического риформинга ЛГ-35-11/300-95. -Атырау: 2018. -135 с.

[4] Амантурлин Г.Ж. Реконструкция Атырауского нефтеперерабатывающего завода // Нефть и газ. –2005. №4. –С. 55–59.

[5] Orazbayev B., Kozhakhmetova D., Wójtowicz R., Krawczyk J. Modeling of a Catalytic Cracking in the Gasolin Production Installation with a Fuzzy Environment // Energies. –2020. 13, 4736. –P. 1–13. doi: 10.3390/en13184736 www.mdpi.com/journal/energies.

[6] Sharikov Yu.V., Petrov P.A. Universal model for catalytic reforming // Chemical and Petroleum Engineering. –2013. Vol. 43. № 9, –P. 580–597. DOI:10.1007/s10556-007-0103-z.

[7] Fayaz M., Ahmad S., Ullah I., Kim D. A Blended Risk Index Modeling and Visualization Based on Hierarchical Fuzzy Logic for Water Supply Pipelines Assessment and Management // Processes. – 2018. – V. 6. – № 5. – P. 102–112. (in Eng.).

[8] Grossmann I.E. (2014) Challenges in the Application of Mathematical Programming in the Enterprise-wide Optimization of Process Industries, Theoretical Foundations of Chemical Engineering, DOI:10.1134/S0040579514050182 (in Eng.).

- [9] Рыжов А.П. Теория нечетких множеств и ее приложений: монография. – М.: МГУ. 2017. –115 с.
- [10] Nasser S.H., Bavandi S. Fuzzy Stochastic Linear Fractional Programming based on Fuzzy Mathematical Programming // Fuzzy Information and Engineering. – 2018. V. 10, №3. – P. 324-338.
- [11] Pavlov S.Yu., Kulov N.N., Kerimov R.M. Improvement of Chemical Engineering Processes Using Systems Analysis // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. –2016. Vol. 53. № 2. – P. 117–133.
- [12] Reverberi A.P., Kuznetsov N.T., Meshalkin V.P., Salerno M., Fabiano B. Systematical Analysis of Chemical Methods in Metal Nanoparticles Synthesis // Theor. Found. Chem. Eng. –2016. Vol. 50. № 1. –P. 63–75.
- [13] Гуцыкова С. Метод экспертных оценок. Теория и практика: учебник. –М.: Когито-Центр, 2017. -509 с.
- [14] Карманов Ф.И. Статистические методы обработки экспериментальных данных с использованием пакета Math Cad: Учебное пособие / Ф.И. Карманов В.А. Острейковский. – М.: Инфра-М, 2017. –287 с.
- [15] Сулейменов Б.А. Интеллектуальные и гибридные системы управления технологическими процессами. – Алматы: Пикула и К, 2009, 345 с. (in Russ.).
- [16] Ibrahim M., Jobson J., Li G. Guillen-Gosalbez. Optimization-based design of crude oil distillation units using surrogate column models and a support vector machine // Chemical engineering research & design. – 2018. – V. 134. – P. 212–225. (in Eng.).
- [17] Шумский В.М., Зырянова Л.А. Инженерные задачи в нефтепереработке и нефтехимии: монография. – М.: Химия, 1981, - 256 с.

REFERENCES

- [1] Prokopjuk S.G., Masgutov R.N. (2018) Industrial Catalytic Cracking Plants: A Textbook for Universities, Moscow (in Russ.).
- [2] Hatmullina D.D. (2014) Catalytic reforming. Engineering science: Theory and practice: young scientist. ISBN 978-5-905483-15-8 (in Russ.).
- [3] Technological regulations of the catalytic reforming unit LG-35-11/300-95. Atyrau, 2018. -135 P. (in Russ.).
- [4] Amanturlin G.Zh. (2005) Reconstruction of the Atyrau Oil Refinery. Oil and Gas. (in Russ.).
- [5] Orazbayev B., Kozhakhmetova D., Wójtowicz R., Krawczyk J. (2020) Modeling of a Catalytic Cracking in the Gasolin Production Installation with a Fuzzy Environment, Energies, 4736. DOI: 10.3390/en13184736 (in Eng.).
- [6] Sharikov Yu.V., Petrov P.A. (2013) *Universal model for catalytic reforming*, DOI:10.1007/s10556-007-0103-z (in Eng.).
- [7] Fayaz M., Ahmad S., Ullah I., Kim D. (2018) A Blended Risk Index Modeling and Visualization Based on Hierarchical Fuzzy Logic for Water Supply Pipelines Assessment and Management // Processes (in Eng.).
- [8] Grossmann I.E. (2014) Challenges in the Application of Mathematical Programming in the Enterprise-wide Optimization of Process Industries, Theoretical Foundations of Chemical Engineering, DOI:10.1134/S0040579514050182 (in Eng.).
- [9] Ryzhov A.P. (2017) Fuzzy set theory and its applications. Monograph, Moscow. ISBN: 978-3-540-70777-6 (in Russ.).
- [10] Nasser S.H., Bavandi S. (2018) Fuzzy Stochastic Linear Fractional Programming based on Fuzzy Mathematical Programming, Fuzzy Information and Engineering. 10.1080/16168658.2019.1612605 (in Eng.).
- [11] Pavlov S.Yu., Kulov N.N., Kerimov R.M. (2016) Improvement of Chemical Engineering Processes Using Systems Analysis, Theoretical Foundations of Chemical Engineering. DOI:10.1134/S0040579514020109 (in Eng.).
- [12] Reverberi A.P., Kuznetsov N.T., Meshalkin V.P., Salerno M., Fabiano B. (2016) *Systematical Analysis of Chemical Methods in Metal Nanoparticles Synthesis*, Theoretical Foundations of Chemical Engineering, DOI:10.7868/S0040357116010127 (in Eng.).
- [13] Gucykova S. (2017) The method of expert assessments. Theory and practice, Moscow. ISBN: 978-5-9270-0209-2 (in Russ.).
- [14] Karmanov F.I., Ostrejkovskij V.A. (2019) Statistical methods for processing experimental data using the MathCad package, Tutorial, Moscow. ISBN: 978-5-905554-96-4 (in Russ.).
- [15] Suleimenov B.A. (2009) Intelligent and hybrid process control systems. -Almaty: Pikula and K. (in Russ.).
- [16] Ibrahim M., Jobson J., Li G. Guillen-Gosalbez. (2018) Optimization-based design of crude oil distillation units using surrogate column models and a support vector machine // Chemical engineering research & design. (in Eng.).
- [17] Shumskij V.M., Zyrjanova L.A. (1981) Engineering problems in oil refining and petrochemistry: Monograph, Moscow (in Russ.).

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

| | |
|---|----|
| Абуова Ф.У., Инербаев Т.М., Абуова А.У., Қаптағай Г.Ә., Мерәлі Н. ВАНАДИЙМЕН ЛЕГИРЛЕНГЕН $Mn_2CoZ(Al/Ga)$ ҚОСПАСЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ, ЭЛЕКТРОНДЫҚ ЖӘНЕ МАГНИТТІК ҚАСИЕТТЕРІ..... | 6 |
| Алдақұлов Е., Темірбек Ә.М., Муратов М.М., Молдабеков Ж., Рамазанов Т.С. КРИОГЕНДІК ЖАҒДАЙДАҒЫ ТОЗАҢДЫ ПЛАЗМА БӨЛШЕКТЕРДІҢ ЖҰПТЫҚ КОРРЕЛЯЦИЯЛЫҚ ФУНКЦИЯСЫНА ТЕРМОФОРЕТИКАЛЫҚ КҮШНІҢ ӘСЕРІ..... | 17 |
| Калжигитов Н.К., Василевский В.С., Такибаев Н.Ж., Курмангалиева В.О. 6Li ЯДРОСЫНДАҒЫ КЛАСТЕРЛІК ПОЛЯРИЗАЦИЯ ЭФФЕКТІЛЕРІН ЗЕРТТЕУ..... | 25 |
| Курбаниязов А.К., Сырлыбекқызы С., Джаналиева Н.Ш., Аккенжеева А.Ш., Кабылова А.Р. ОРТА КАСПИЙДІҢ ТЕҢІЗ АҒЫНЫН МЕН ТЕРМОХАЛИН ҚҰРЫЛЫМЫН ТІКЕЛЕЙ ӨЛШЕУ...33 | |
| Мейрамбекұлы Н., Карибаев А.В., Темирбаев А.А. ЖЕРДІ БАРЛАУШЫ КІШІ ҒАРЫШ АППАРАТТАРЫНА АРНАЛҒАН АНИЗАТРОПТЫ ФРАКТАЛДЫҢ ЕКІНШІ БУЫНЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН КӨПДИАПАЗОНДЫ АНТЕННА..... | 42 |
| Мұсабек Г.Қ., Садықов Ғ.Қ., Бақтыгерей С.З., Задерко А.Н., Лесняк В.В. ТЕРМОМЕТРИЯҒА АРНАЛҒАН ФОТО ЛЮМИНЦЕНЦИЯЛЫҚ НАНОМАТЕРИАЛДАР: КРЕМНИЙ ЖӘНЕ КӨМІРТЕКТІ НАНОБӨЛШЕКТЕР..... | 54 |

ИНФОРМАТИКА

| | |
|---|-----|
| Джусупбекова Г.Т., Жидебаева А.Н., Изтаев Ж.Д., Шаймерденова Г.С., Тастанбекова Б.О. DELPHI ОРТАСЫНДА «БАНК ЖҮЙЕСІНДЕГІ НЕСИЕЛЕР МЕН ДЕПОЗИТТЕРДІ АВТОМАТТАНДЫРУ» ЖҰМЫС ОРЫНДАРЫН ҚҰРУ..... | 61 |
| Ерасыл К., Ахметов И., Джаксылықова А. KASPI ӨНІМДЕРІ ТУРАЛЫ ПІКІРЛЕРДЕГІ КӨҢІЛ-КҮЙДІ ТАЛДАУ..... | 68 |
| Мауленов Қ.С., Кудубаева С.А. НААР, НОГ, CNN БЕТ ДЕТЕКТОРЛАРЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ..... | 74 |
| Сейлова Н.А., Журынтаев Ж.З., Мамырбаев О.Ж., Батыргалиев А.Б., Тұрдалыұлы М. ПСЕВДО КЕЗДЕЙСОҚ ИМПУЛЬСТАР ТІЗБЕГІНІҢ САНДЫҚ ГЕНЕРАТОРЛАРЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ CAD QUARTUS II ОРТАСЫНДА FPGA КӨМЕГІМЕН МОДЕЛЬДЕУ..... | 83 |
| Сымагулов А., Кучин Я., Елис М., Жумабаев А., Абдуразаков А. МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫҢ ҚАРА ЖӘШІКТЕРІН ТҮСІНДІРУ ӘДІСТЕРІ ЖӘНЕ ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУДЫ ҚОЛДАУ ЖҮЙЕЛЕРІН ҚҰРУ ҮШІН ОЛАРДЫ ҚОЛДАНУ..... | 91 |
| Усатова О.А., Бегимбаева Е.Е., Нысанбаева С.Е., Усатов Н.С. ХЕШ ФУНКЦИЯ ӘДІСТЕРІН ТАЛДАУ ЖӘНЕ ПРАКТИКАЛЫҚ ҚОЛДАНУ..... | 100 |

МАТЕМАТИКА

| | |
|--|-----|
| Абдраманова Г.Б., Имамбек О., Белисарова Ф.Б. p^7B СЕРПИМДІ ШАШЫРАУ ҚИМАСЫНЫҢ ЕСЕПТЕУЛЕРІ ҮШІН ГЛАУБЕР ТЕОРИЯНЫҢ НЕГІЗІНДЕГІ МАТЕМАТИКАЛЫҚ ФОРМАЛИЗМ..... | 111 |
| Адилова А.Қ., Жүзбаев С.С., Ахметжанова Ш.Е. КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР ҚҰРЫЛЫМЫ ЖӘНЕ КОМПОЗИТТЕР МЕХАНИКАСЫНЫҢ ЕСЕПТЕРІ..... | 119 |
| Иванов К.С., Тулекенова Т.Д. ТҮЙІСУ МЕХАНИЗІМІНІҢ БЕЙІМДЕЛГЕН ЖЕТЕГІНІҢ ДИНАМИКАСЫ..... | 131 |
| Исраилова С.Т., Муханова А.А., Сатыбалдиева А.Ж. ТЕҢГЕРІМДІ КӨРСЕТКІШТЕР ЖҮЙЕСІ БОЙЫНША КӘСІПОРЫННЫҢ БИЗНЕС ПРОЦЕСТЕРІНІҢ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ АЛГОРИТМІ..... | 137 |
| Оразбаев Б.Б., Жумадиллаева А.К., Дюсекеев К.А., Сантеева С.Ә., Xiao-Guang Yue ЖҮЙЕЛІК ТӘСІЛДЕМЕ НЕГІЗІНДЕ ЛГ-35-11/300-95 ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ БЕНЗИНДІ РИФОРМИНГТЕУ РЕАКТОРЛАРЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРІН ҚҰРУ..... | 145 |

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

| | |
|--|----|
| Абуова Ф.У., Инербаев Т.М., Абуова А.У., Каптагай Г.А., Мерәлі Н. СТРУКТУРНЫЕ, ЭЛЕКТРОННЫЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА $Mn_2CoZ(Al/Ga)$ ПРИ ЛЕГИРОВАНИИ ВАНАДИЕМ..... | 6 |
| Алдакулов Е., Темірбек Ә.М., Муратов М.М., Молдабеков Ж., Рамазанов Т.С. ВЛИЯНИЕ СИЛЫ АТОМНОГО УВЛЕЧЕНИЯ НА ПАРНУЮ КОРРЕЛЯЦИОННУЮ ФУНКЦИЮ ПЫЛЕВОЙ ПЛАЗМЫ В КРИОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ..... | 17 |
| Калжигитов Н.К., Василевский В.С., Такибаев Н.Ж., Курмангалиева В.О. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ КЛАСТЕРНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ В ЯДРЕ 6Li | 25 |
| Курбаниязов А.К., Сырлыбеккызы С., Джаналиева Н.Ш., Аккенжеева А.Ш., Кабулова А. ПРЯМОЕ ИЗМЕРЕНИЕ МОРСКОГО ТЕЧЕНИЯ И ТЕРМОХАЛИНОВОЙ СТРУКТУРЫ СРЕДНЕГО КАСПИЯ..... | 33 |
| Мейрамбекұлы Н., Карибаев Б.А., Темирбаев А.А. МНОГОДИАПАЗОННАЯ АНТЕННА НА БАЗЕ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ АНИЗОТРОПНОГО ФРАКТАЛА ДЛЯ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И НАБЛЮДЕНИЯ ЗЕМЛИ..... | 42 |
| Мусабек Г.К., Садыков Г.К., Бактыгерей С.З., Задерко А.Н., Лесняк В.В. ФОТОЛЮМИНЦЕНТНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕРМОМЕТРИИ: КРЕМНИЙ И УГЛЕРОДНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ..... | 54 |

ИНФОРМАТИКА

| | |
|---|-----|
| Джусупбекова Г.Т., Жидебаева А.Н., Изтаев Ж.Д., Шаймерденова Г.С., Тастанбекова Б.О. СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ РАБОЧИХ МЕСТ ДЛЯ «КРЕДИТОВАНИЕ И ДЕПОЗИТЫ В БАНКОВСКОЙ СИСТЕМЕ» В СРЕДЕ DELPHI..... | 61 |
| Ерасыл К., Ахметов И., Джаксылыкова А. ТОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТЗЫВОВ О ТОВАРАХ KASPI..... | 68 |
| Мауленов Қ.С., Кудубаева С.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДЕТЕКТОРОВ ЛИЦ HAAR, HOG, CNN..... | 74 |
| Сейлова Н.А., Джурунтаев Д.З., Мамырбаев О.Ж., Батыргалиев А.Б., Тұрдалыұлы М. ЦИФРОВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ПСЕВДОСЛУЧАЙНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ИМПУЛЬСОВ И ИХ МОДЕЛИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛИС В СРЕДЕ САПР QUARTUSII..... | 83 |
| Сымагулов А., Кучин Я., Елис М., Жумабаев А., Абдуразаков А. МЕТОДЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ЧЕРНЫХ ЯЩИКОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ..... | 91 |
| Усатова О.А., Бегимбаева Е.Е., Нысанбаева С.Е., Усатов Н.С. АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ХЕШ-ФУНКЦИЙ..... | 100 |

МАТЕМАТИКА

| | |
|---|-----|
| Абдраманова Г.Б., Имамбек О., Белисарова Ф.Б. МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФОРМАЛИЗМ ДЛЯ РАСЧЕТОВ СЕЧЕНИЯ УПРУГОГО p^7Be -РАССЕЯНИЯ В РАМКАХ ТЕОРИИ ГЛАУБЕРА..... | 111 |
| Адилова А.К., Жузбаев С.С., Ахметжанова Ш.Е. СТРУКТУРА КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА И ЗАДАЧИ МЕХАНИКИ КОМПОЗИТОВ.. | 119 |
| Иванов К.С., Тулекенова Т.Д. ДИНАМИКА АДАПТИВНОГО ПРИВОДА СТЫКОВОЧНОГО МЕХАНИЗМА..... | 131 |
| Исраилова С.Т., Муханова А.А., Сатыбалдиева А.Ж. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СБАЛАНСИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ..... | 137 |
| Оразбаев Б.Б., Жумадилаева А.К., Дюсекеев К.А., Сантеева С.А., Xiao-Guang Yue РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РЕАКТОРОВ РИФОРМИНГА БЕНЗИНА УСТАНОВКИ LG-35-11/300-95 НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА..... | 145 |

CONTENTS

PHYSICS

| | |
|--|----|
| Abuova F., Inerbaev T., Abuova A., Kaptagay G., Merali N. STRUCTURAL, ELECTRONIC AND MAGNETIC PROPERTIES OF VANADIUM DOPED Mn ₂ CoZ(Al/Ga)..... | 6 |
| Aldakulov Ye., Temirbek A.M., Muratov M.M., Moldabekov Z., Ramazanov T.S. INFLUENCE OF THE NEUTRAL SHADOWING FORCE ON THE PAIR CORRELATION FUNCTION OF THE DUSTY PLASMA UNDER CRYOGENIC CONDITIONS..... | 17 |
| Kalzhitov N., Vasilevsky V.S., Takibayev N. Zh., Kurmangaliyeva V.O. A STUDY OF THE EFFECTS OF CLUSTER POLARIZATION IN THE 6Li NUCLEUS..... | 25 |
| Kurbaniyazov A.K., Syrlybekkyzy S., Janaliyeva N.Sh., Akkenzheyeva A., Kabylova A. DIRECT MEASUREMENT OF SEA CURRENTS AND THERMOHALINE STRUCTURE OF THE MIDDLE CASPIAN..... | 33 |
| Meirambekuly N., Karibayev B.A., Temirbayev A.A. MULTI-BAND ANTENNA BASED ON THE SECOND GENERATION OF ANISOTROPIC FRACTAL FOR SMALL REMOTE SENSING AND EARTH OBSERVING SPACECRAFTS..... | 42 |
| Mussabek G.K., Sadykov G.K., Baktygeray S.Z., Zaderko A.N. Lisnyak V.V. PHOTOLUMINESCENT NANOMATERIALS FOR THERMOMETRY: SILICON AND CARBON NANOPARTICLES..... | 54 |

COMPUTER SCIENCE

| | |
|--|-----|
| Jussupbekova G.T., Zhidebayeva A.N., Iztayev Zh.D., Shaimerdenova G.S., Tastanbekova B.O. CREATION OF AUTOMATED JOBS FOR "LOANS AND DEPOSITS IN THE BANKING SYSTEM" IN THE DELPHI ENVIRONMENT..... | 61 |
| Yerassyl K., Akhmetov I, Jaxylykova A. SENTIMENT ANALYSIS OF KASPI PRODUCT REVIEWS..... | 68 |
| Maulenov K.S., Kudubaeva S.A. COMPARATIVE ANALYSIS OF FACE DETECTORS HAAR, HOG, CNN..... | 74 |
| Seilova N.A., Dzhuruntaev D.Z., Mamyrbayev O.Zh., Batyrgaliev A.B., Turdalyuly M. DIGITAL GENERATORS OF A PSEUDORANDOM PULSES SEQUENCE AND THEIR MODELING WITH USE OF FPGA IN THE ENVIRONMENT CAD QUARTUS II..... | 83 |
| Symagulov A., Kuchin Ya., Yelis M., Zhumabayev A., Abdurazakov A. METHODS FOR INTERPRETING MACHINE LEARNING BLACK BOXES AND THEIR APPLICATION TO DECISION SUPPORT SYSTEMS..... | 91 |
| Ussatova O., Begimbayeva Ye., Nyssanbayeva S., Ussatov N. ANALYSIS OF METHODS AND PRACTICAL APPLICATION OF HASH FUNCTIONS..... | 100 |

MATHEMATICS

| | |
|---|-----|
| Abdramanova G.B., Imambek O., Belisarova F.B. MATHEMATICAL FORMALISM FOR CALCULATIONS OF THE ELASTIC p ₇ Be SCATTERING CROSS SECTION IN THE FRAMEWORK OF GLAUBER THEORY..... | 111 |
| Adilova A.K., Zhuzbayev S.S., Akhmetzhanova S.E. COMPOSITE MATERIAL STRUCTURE AND PROBLEMS OF COMPOSITE MECHANICS..... | 119 |
| Ivanov K.S., Tulekenova T.D. DYNAMICS OF THE ADAPTIVE DRIVE OF THE DOCKING MECHANISM..... | 131 |
| Israilova S., Mukhanova A., Satybaldiyeva A. MODERN METHODS FOR EVALUATING BUSINESS PROCESSES OF AN ENTERPRISE USING A BALANCED SCORECARD..... | 137 |
| Orazbayev B., Zhumadillayeva A., Dyussekeyev K., Santeyeva S., Xiao-Guang Yue DEVELOPMENT MATHEMATICAL MODELS OF PETROL REFORMING REACTORS OF THE LG-35-11 / 300-95 INSTALLATION BASED ON A SYSTEM APPROACH..... | 145 |

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

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

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

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

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

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

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

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

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

<http://physics-mathematics.kz/index.php/en/archive>

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Редакторы: *М.С. Ахметова, А. Ботанқызы, Д.С. Аленов, Р.Ж. Мрзабаева*
Верстка на компьютере *Г.Д. Жадыранова*

Подписано в печать 15.10.2021.

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

4,6 п.л. Тираж 300. Заказ 5.