

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  
Казахский национальный  
университет имени аль-Фараби

**N E W S**

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

**SERIES  
PHYSICO-MATHEMATICAL**

**3 (343)**

**JULY – SEPTEMBER 2022**

**PUBLISHED SINCE JANUARY 1963**

**PUBLISHED 4 TIMES A YEAR**

**ALMATY, NAS RK**

## БАС РЕДАКТОР:

**МУТАНОВ Ғалымқайыр Мұтанұлы**, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҚҰО ақпараттық және есептеу технологиялар институтының бас директорының м.а. (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

## РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

**КАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәділұлы** (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҚҰО ақпараттық және есептеу технологиялар институты бас директорының кеңесшісі, зертхана меңгерушісі (Алматы, Қазақстан), **Н=7**

**МАМЫРБАЕВ Өркен Жұмажанұлы** (ғалым хатшы), Ақпараттық жүйелер саласындағы техника ғылымдарының (PhD) докторы, ҚР БҒМ ҚҰО ақпараттық және есептеу технологиялар институты директорының ғылым жөніндегі орынбасары (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

**БАЙГУНЧЕКОВ Жұмаділ Жанабайұлы**, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты, қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы, Сәтбаев университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=3**

**ВОЙЧИК Вальдемар**, техника ғылымдарының докторы (физ-мат), Люблин технологиялық университетінің профессоры (Люблин, Польша), **Н=23**

**СМОЛАРЖ Анджей**, Люблин политехникалық университетінің электроника факультетінің доценті (Люблин, Польша), **Н=17**

**ӘМІРҒАЛИЕВ Еділхан Несіпханұлы**, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Жасанды интеллект және робототехника зертханасының меңгерушісі (Алматы, Қазақстан), **Н=12**

**КИЛАН Әлімхан**, техника ғылымдарының докторы, профессор (ғылым докторы (Жапония), ҚР БҒМ ҚҰО ақпараттық және есептеу технологиялар институтының бас ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан), **Н=6**

**ХАЙРОВА Нина**, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР БҒМ ҚҰО ақпараттық және есептеу технологиялар институтының бас ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан), **Н=4**

**ОТМАН Мохаммед**, PhD, Информатика, коммуникациялық технологиялар және желілер кафедрасының профессоры, Путра университеті (Селангор, Малайзия), **Н=23**

**НЫСАНБАЕВА Сауле Еркебұланқызы**, техника ғылымдарының докторы, доцент, ҚР БҒМ ҚҰО ақпараттық және есептеу технологиялар институтының аға ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан), **Н=3**

**БИЯШЕВ Рустам Гакашевич**, техника ғылымдарының докторы, профессор, Информатика және басқару мәселелері институты директорының орынбасары, Ақпараттық қауіпсіздік зертханасының меңгерушісі (Қазақстан), **Н=3**

**КАПАЛОВА Нұрсұлу Алдажарқызы**, техника ғылымдарының кандидаты, ҚР БҒМ ҚҰО ақпараттық және есептеу технологиялар институтының киберқауіпсіздік зертханасының меңгерушісі (Алматы, Қазақстан), **Н=3**

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

**МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович**, техника ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь Ұлттық Ғылым академиясының академигі (Минск, Беларусь), **Н=2**

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

**«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: *ақпараттық коммуникациялық технологиялар сериясы.*

Қазіргі уақытта: *«ақпараттық технологиялар» бағыты бойынша ҚР БҒМ БҒСБК ұсынған журналдар тізіміне енді.*

Мерзімділігі: *жылына 4 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, 2022  
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 МНВО 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 МНВО РК, заведующий лабораторией (Алматы, Казахстан), **Н=7**

**МАМЫРБАЕВ Оркен Жумажанович**, (ученый секретарь), доктор философии (PhD) по специальности «Информационные системы», заместитель директора по науке РГП «Институт информационных и вычислительных технологий» Комитета науки МНВО РК (Алматы, Казахстан), **Н=5**

**БАЙГУНЧЕКОВ Жумадил Жанабаевич**, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Институт кибернетики и информационных технологий, кафедра прикладной механики и инженерной графики, Университет Саптаева (Алматы, Казахстан), **Н=3**

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

**СМОЛАРЖ Анджей**, доцент факультета электроники Люблинского политехнического университета (Люблин, Польша), **Н=17**

**АМИРГАЛИЕВ Едилхан Несипханович**, доктор технических наук, профессор, академик Национальной инженерной академии РК, заведующий лабораторией «Искусственного интеллекта и робототехники» (Алматы, Казахстан), **Н=12**

**КЕЙЛАН Алимхан**, доктор технических наук, профессор (Doctor of science (Japan)), главный научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), **Н=6**

**ХАЙРОВА Нина**, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), **Н=4**

**ОТМАН Мохамед**, доктор философии, профессор компьютерных наук, Департамент коммуникационных технологий и сетей, Университет Путра Малайзия (Селангор, Малайзия), **Н=23**

**НЫСАНБАЕВА Сауле Еркебулановна**, доктор технических наук, доцент, старший научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), **Н=3**

**БИЯШЕВ Рустам Гакашевич**, доктор технических наук, профессор, заместитель директора Института проблем информатики и управления, заведующий лабораторией информационной безопасности (Казахстан), **Н=3**

**КАПАЛОВА Нурсулу Алдажаровна**, кандидат технических наук, заведующий лабораторией кибербезопасности РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), **Н=3**

**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**

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

**«Известия НАН РК. Серия физика-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: *серия информационные коммуникационные технологии.*

В настоящее время: *вошел в список журналов, рекомендованных ККСОН МОН РК по направлению «информационные коммуникационные технологии».*

Периодичность: *4 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, 2022  
Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

### Chief Editor:

**MUTANOV Galimkair Mutanovich**, doctor of technical sciences, professor, academician of NAS RK, acting General Director of the Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), **H=5**

### EDITORIAL BOARD:

**KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich**, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Advisor to the General Director of the Institute of Information and Computing Technologies of the CS MES RK, Head of the Laboratory (Almaty, Kazakhstan), **H = 7**

**Mamyrbayev Orken Zhumazhanovich**, (Academic Secretary), PhD in Information Systems, Deputy Director for Science of the Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), **H = 5**

**BAIGUNCHEKOV Zhumadil Zhanabaevich**, 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 Technical Sciences (Phys.-Math.), Professor of the Lublin University of Technology (Lublin, Poland), **H=23**

**SMOLARJ Andrej**, Associate Professor Faculty of Electronics, Lublin polytechnic university (Lublin, Poland), **H= 17**

**AMIRGALIEV Edilkhan Nesipkhanovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Head of the Laboratory of Artificial Intelligence and Robotics (Almaty, Kazakhstan), **H= 12**

**KEILAN Alimkhan**, Doctor of Technical Sciences, Professor (Doctor of science (Japan)), chief researcher of Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), **H= 6**

**KHAIROVA Nina**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), **H= 4**

**OTMAN Mohamed**, PhD, Professor of Computer Science Department of Communication Technology and Networks, Putra University Malaysia (Selangor, Malaysia), **H= 23**

**NYSANBAYEVA Saule Yerkebulanovna**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of the Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), **H= 3**

**BIYASHEV Rustam Gakashevich**, doctor of technical sciences, professor, Deputy Director of the Institute for Informatics and Management Problems, Head of the Information Security Laboratory (Kazakhstan), **H= 3**

**KAPALOVA Nursulu Aldazharovna**, Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory cyber-security, Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), **H=3**

**KOVALYOV Alexander Mikhailovich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Applied Mathematics and Mechanics (Donetsk, Ukraine), **H=5**

**MIKHALEVICH Alexander Alexandrovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus), **H=2**

**TIGHINEANU Ion Mihailovich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician, President of the Academy of Sciences of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), **H=42**

**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: *series information technology.*

Currently: *included in the list of journals recommended by the CCSES MES RK in the direction of «information and communication technologies».*

Periodicity: *4 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/>*

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2022

Address of printing house: ST «Aruna», 75, Muratbayev str, Almaty.

NEWS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF  
THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 3, Number 343 (2022), 71-90

<https://doi.org/10.32014/2022.2518-1726.140>

УДК 51.74

**А.К. Жумадиллаева<sup>1</sup>, М.Д. Кабибуллин<sup>1\*</sup>, Б.Б. Оразбаев<sup>1</sup>,  
К.Н. Оразбаева<sup>2</sup>, Ж.Н. Тулеуов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,  
Казахстан, Астана;

<sup>2</sup>Esil University, Казахстан, Астана;

<sup>3</sup>Атырауский нефтеперерабатывающий завод, Казахстан, Атырау.  
E-mail: madyar\_kabibullin@mail.ru

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ РЕАКТОРОВ РИФОРМИНГА УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**Аннотация.** Исследованы проблемы оптимизации режимов работы реакторов риформинга, установки каталитического риформинга ЛГ-35-11/300-95, функционирующей на Атырауском нефтеперерабатывающем заводе в условиях неопределенности из-за случайного характера и нечеткости исходной информации, и предлагаются подходы к их решению. Оптимизацию режимов работы исследуемых объектов предлагается провести на основе компьютерного моделирования, для чего создается интеллектуализированная система оптимизации с использованием моделей, построенных на основе нечеткой информации в виде знания, опыта и интуиции экспертов предметной области. Для решения проблем дефицита исходной количественной информации и нечеткости доступной информации при разработке математических моделей предлагается системно использовать статистические методы, методы экспертной оценки, статистические методы и математического аппарата теорий нечетких множеств. Такой подход за счет эффекта синергизма и эмерджентности системы методов позволяет решить проблему неопределенности и построить эффективные модели сложных, нечетко описываемых объектов.

В работе на основе предлагаемого подхода и с использованием доступной информации статистического и нечеткого характера построены математические модели реакторов риформинга установки каталитического риформинга ЛГ-35-11/300-95 Атырауского нефтеперерабатывающего завода. Объем производимого катализата с реакторов риформинга определяется на основе модели в виде множественного регрессионного уравнения, построенного на экспериментально-статистических данных. Так как октановое число катализата (качество целевой продукции блока риформинга) характеризуется нечеткостью, для его оценки использована нечеткая информация в виде формализованных знаний и опыта экспертов, оценивающих качества катализата и построена нечеткая модель. Создается структура интеллектуализированной системы оптимизации режимов работы реакторов риформинга на основе компьютерного моделирования и описывается основной интерфейс этой системы, предназначенной для оптимизации режимов работы реакторов риформинга на основе компьютерного моделирования.

**Ключевые слова:** компьютерное моделирование, оптимизация, нечеткие модели, системный подход, пакет моделей, реакторы риформинга, катализат.

**А.К. Жумадиллаева<sup>1</sup>, М.Д. Кабибуллин<sup>1\*</sup>, Б.Б. Оразбаев<sup>1</sup>,  
К.Н. Оразбаева<sup>2</sup>, Ж.Н. Тулеуов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,  
Қазақстан, Астана;

<sup>2</sup>Esil University, Қазақстан, Астана;

<sup>3</sup>Атырау мұнай өңдеу зауыты, Қазақстан, Атырау.

E-mail: madyar\_kabibullin@mail.ru

## **КАТАЛИТИКАЛЫҚ РИФОРМИНГ ҚОНДЫРҒЫСЫ РИФОРМИНГТЕУ РЕАКТОРЛАРЫ ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІН КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ НЕГІЗІНДЕ ОПТИМИЗАЦИЯЛАУ**

**Аннотация.** Бастапқы ақпараттың кездейсоқ және айқын еместігіне байланысты туындайтын анықсыздық жағдайында Атырау мұнай өңдеу зауытында жұмыс жасайтын ЛГ-35-11/300-95 каталитикалық

риформинг қондырғысының риформингтеу реакторларының жұмыс режимдерін оптимизациялау мәселелері зерттеліп, оларды шешу тәсілдемелері ұсынылады. Зерттелетін нысандардың жұмыс режимдерін компьютерлік модельдеу негізінде оптимизациялау үшін пән облысы мамандарының, яғни эксперттердің білімі, тәжірибесі және интуициясы түріндегі анық емес ақпарат негізінде құрастырылған модельдер негізінде интеллектуалдандырылған оптимизациялау жүйесі жасалады. Математикалық модельдерді құруда бастапқы сандық ақпараттың тапшылығы және қолда бар ақпараттың айқын еместігі мәселелерін шешу үшін статистикалық әдістерді, эксперттік бағалау тәсілдерін, статистикалық тәсілдерді және айқын емес жиындар теорияларының математикалық аппаратын жүйелі түрде қолдану ұсынылады. Мұндай тәсілдеме синергизм әсері мен жүйенің эмердженттік қасиеті есебінен анықсыздық мәселесін шешуге және күрделі, анық емес сипатталған объектілердің тиімді модельдерін құруға мүмкіндік береді.

Ұсынылған тәсілдер негізінде статистикалық және айқын емес сипаттағы қол жетімді ақпаратты пайдалана отырып, Атырау мұнай өңдеу зауытының ЛГ-35-11/300-95 катализаторлық риформинг қондырғысының риформингтеу реакторларының математикалық модельдері тұрғызылады. Риформингтеу реакторларынан өндірілетін катализатордың көлемі тәжірибелік-статистикалық мәліметтерге негізделген көп реттік регрессия теңдеуі түріндегі модель көмегімен анықталады. Катализатордың октандық саны (блогының мақсатты өнімінің сапасы) айқын еместікпен сипатталатындықтан, оны бағалау үшін катализатор сапасын бағалайтын эксперттердің формализацияланған білімі мен тәжірибесі түрінде айқын емес ақпарат негізінде айқын емес модель құрылады. Компьютерлік модельдеу негізінде риформингтеу реакторлары жұмыс режимдерін оптимизациялау интеллектуалдандырылған жүйесінің құрылымы құрылды және осы жүйеде компьютерлік модельдеу негізінде риформингтеу реакторлардың жұмыс режимдерін оптимизациялауға арналған негізгі интерфейсі сипатталған.

**Түйін сөздер:** компьютерлік модельдеу, оптимизациялау, айқын емес модельдер, жүйелік тәсілдеме, модельдер пакеті, риформингтеу реакторлары, катализатор.

**A. Zhumadillayeva<sup>1</sup>, M. Kabibullin<sup>1\*</sup>, B. Orazbayev<sup>1</sup>, K. Orazbayeva<sup>2</sup>,  
Zh. Tuleuov<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, Astana;

<sup>2</sup>Esil University, Kazakhstan, Astana;

<sup>3</sup>Atyrau Oil Refinery, Kazakhstan, Atyrau.

E-mail: madyar\_kabibullin@mail.ru

## **OPTIMIZATION OF THE OPERATING MODES OF THE REFORMING REACTORS OF THE CATALYTIC REFORMING UNIT BASED ON COMPUTER MODELING**

**Abstract.** The problems of optimizing the operating modes of the reforming reactors of the LG-35-11/300-95 catalytic reforming unit operating at the Atyrau Oil Refinery under uncertainty due to the random nature and fuzziness of the initial information are investigated, and approaches to their solution are proposed. It is proposed to optimize the operating modes of the objects under study on the basis of computer simulation, for which an intellectualized optimization system is created using models built on the basis of fuzzy information in the form of knowledge, experience and intuition of subject matter experts. To solve the problem of the lack of initial quantitative information and the fuzziness of available information in the development of mathematical models, it is proposed to systematically use statistical methods, peer review methods, statistical methods and the mathematical apparatus of fuzzy set theories. This approach, due to the effect of synergy and the emergence of a system of methods, allows us to solve the problem of uncertainty and build effective models of complex, indistinctly described objects.

Based on the proposed approach and using the available information of a statistical and fuzzy nature, mathematical models of the reforming reactors of the catalytic reforming unit LG-35-11/300-95 of the Atyrau oil refinery were developed. The volume of produced catalyzate from reforming reactors is determined on the basis of a model in the form of a multiple regression equation built on experimental and statistical data. Since the octane number of the catalyzate (the quality of the target product of the reformer unit) is characterized by fuzziness, fuzzy information was used to evaluate it, in the form of formalized knowledge and experience of experts evaluating the quality of the catalyzate, and a fuzzy model was developed. The structure of an intellectualized system for optimizing the operating modes of reforming



reactors based on computer simulation is created and the main interface of this system is described, which is designed to optimize the operating modes of reforming reactors based on computer simulation.

**Key words:** computer modeling, optimization, fuzzy models, systems approach, model package, reforming reactors, catalyze.

**Введение.** Задачи оптимизации режимов работы химико-технологических систем (ХТС) и их основных агрегатов нефтеперерабатывающих, химических, а также других производств на основе их математических моделей относятся к весьма актуальной научно, практической задачей. На практике решение задачи оптимизации режимов работы ХТС усложняются тем, что эти системы характеризуются сложностью, множеством взаимосвязанных параметров, многокритериальностью, которые как правило являются противоречивыми, а также дефицитом и нечеткостью исходной информации (Кашин, 2011:135; Orazbayev et al, 2020). Все это намного усложняет процесс разработки математических моделей, необходимые для подготовки и принятия решений в условиях противоречивых критериев по выбору оптимальных режимов работы режимов ХТС.

Оптимальные режимы работы ХТС, которые определяются путем принятия решений эффективных решений на основе математических моделей системы позволяют повышать эффективность производства (Засканов и др., 2013:175), (Липин, 2018:135). К наиболее эффективным средством многокритериальной оптимизации технологических параметров сложных ХТС нефтепереработки и оптимального управления режимами их работы является различные автоматизированные системы на базе современных математических методов и компьютерной технологии (Муленко, 2015:73). В данной статье исследуются основные проблемы создания одного из перспективного вида таких систем, называемые интеллектуализированными системами компьютерного моделирования и оптимизации режимов работы ХТС (ИСКМО), которые предназначены для поддержки принятия решений при управлении режимами работы ХТС с использованием методов искусственного интеллекта (Sansyzbay et al, 2020), (Isakov, 2018).

ИСКМО представляет собой информационно-вычислительную систему на базе современных компьютеров, функционирующая с участием человека и имеющая в своей обеспечивающей части систему моделей ХТС, эвристических алгоритмов принятия решений. Такие системы способны оказать интеллектуальную поддержку в

процессах подготовки и принятия решений по управлению объектами и функционируют с участием лица, принимающего решение (ЛПР) (Макаров и др., 2012).

Объектом исследования данной работы является реакторы риформинга ХТС установки каталитического риформинга ЛГ-35-11/300-95 Атырауского нефтеперерабатывающего завода (НПЗ). Установка каталитического риформинга ЛГ-35-11/300-95 предназначена для проведения процессов гидроочистки и риформинга бензиновых фракций (прямогонного бензина) и производства высокооктанового компонента автомобильных бензинов и технического водорода, который является сырьем нефтехимии. Технологический процесс каталитического риформинга прямогонного бензина, который протекает на реакторах риформинга установки ЛГ-35-11/300-95 является одним из важнейших процессов современной нефтепереработки и нефтехимии (Прокопюк и др., 2018). В этой связи в данной работе исследуются вопросы создания ИСКМО для выбора оптимального режима работы реакторов риформинга при управлении ими и предлагаются подходы к их решению.

Реакторный блок, в котором протекают процессы риформинга состоит из 4-х реакторов, которые соединены между собой последовательно (P-2, P-3, P-4, P-4, а) и параллельно (P-4 и P-4, а). Структура реакторов P-2, P-3, P-4, P-4, а и печи риформинга П-1 блока риформинга установки ЛГ-35-11/300-95 Атырауского НПЗ представлена на рисунке 1.

Как видно из приведенного рисунка 1, сырье риформинга (гидрогенизат с блока гидроочистки), подогретое в соответствующих секциях многосекционный печи П-1 последовательно проходят процесс риформинга в реакторах P-2, P-3, P-4, P-4, а. Последняя стадия процесса риформинга протекает в параллельно соединенных реакторах P-4 и P-4, а.

В настоящее исследование и решение проблем повышения экономической эффективности и экологической безопасности ХТС нефтепереработки на основе научно обоснованных методов с использованием современных математических методов, средств информационных технологий, например ИСКМО является актуальной задачей науки и практики. Рассмотрим результаты литературного анализа по теме исследования.

В работах (Засканов, 2013), (Cargeno, 2014), (Абдулов, 2018), (Biegler et al, 2016) исследованы проблемы повышения эффективности и качества применяемых решений, на основе методов математического

моделирования, многокритериальной оптимизации и теорий принятия решений. Известны работы, в которых исследованы основные вопросы проектирования и создания различных автоматизированных систем в т. ч. систем поддержки принятия решений (Муленко, 2015), (Попов, 2019). Однако на практике функционируют многие ХТС нефтеперерабатывающего производства, которые характеризуются нечеткостью исходной информации и принятия решений по управлению ими на основе традиционных математических методов, не дает необходимых результатов или невозможны (Чернов, 2019), (Chen и др., 2018). Кроме того, постановка и решение задач принятия решений по управлению режимами работы таких количественно трудно описываемых ХТС усложняются еще из-за их сложности и многокритериальности объекта управления.

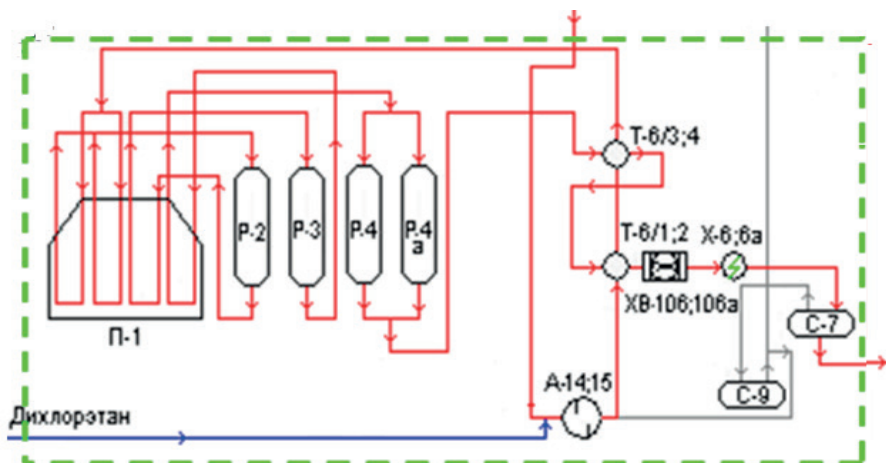


Рисунок 1. Структура реакторов и печи реформинга установки ЛГ-35-11/300-95

Результаты анализа источников, посвященных к решению вопросов моделирования, оптимизации и принятия решений сложными нечетко описываемыми ХТС показывают, что полностью не исследованы и описаны концепции и принципы их моделирования и управления. В связи с этим исследование и решение проблем разработки моделей, формализация и решения задачи принятия решений по управлению сложными нечетко описываемыми ХТС на основе создания ИСКМО является весьма актуальной задачей науки и практики. Основная идея предлагаемой работы заключается в решении проблем дефицита и нечеткости исходной информации при разработке моделей и опти-

мизации режимов работы ХТС установки каталитического риформинга за счет использования знания, опыта и интуиции ЛПР, специалистов-экспертов. При этом для формализации и использования нечеткой и других видов информации используются методы экспертной оценки, статистические методы и математический аппарат теорий нечетких множеств.

В настоящее время производства высококачественных автомобильных бензинов без добавления присадок на установках каталитического риформинга и крекинга является весьма актуальной задачей нефтепереработки и экономики Казахстана. Данные технологии повышения качества моторных, хотя более дорогой, но отвечают современным требованиям экологических стандартов и нормативов по производству экологически безопасных топлив. В качестве самого эффективного подхода к решению рассмотренной задачи можно отметить применение методов математического моделирования и оптимизации, которые позволяют оптимально управлять режимами работы установки каталитического риформинга (Sharikov и др., 2013).

В процессе разработки математических моделей и алгоритмов оптимизации ХТС как ЛГ-35-11/300-95 Атырауского НПЗ, которая функционирует длительное время возникают проблемы неопределенности из-за дефицита, нечеткости исходной информации (Fayaz et al, 2018). Для разработки моделей, алгоритмов оптимизации и управления режимами работы таких ХТС, необходимо использовать доступную информацию различного характера, в т.ч. нечеткую информацию от ЛПР и экспертов, характеризующую работу системы.

**Постановка задачи и методы исследования.** Целью исследования является многокритериальная оптимизация режимов работы реакторов риформинга установки каталитического риформинга ЛГ-35-11/300-95 на основе компьютерного моделирования на основе построенных моделей реакторов в условиях дефицита и нечеткости исходной информации.

Для достижения сформулированной цели исследования решаются следующие основные задачи, являющиеся задачами исследования:

– на основе экспериментально-статистических данных и нечеткой информации от специалистов-экспертов предметной области разработка моделей реакторов риформинга установки каталитического риформинга ЛГ-35-11/300-95 Атырауского НПЗ;

– построение структуры интеллектуализированной системы компьютерного моделирования и оптимизации режимов работы реакторов установки каталитического риформинга;

– создание блока пакета моделей реакторов риформинга интеллектуализированной системы для оптимизации режимов работы реакторов риформинга на основе компьютерного моделирования работы объекта исследования.

Для разработки математических моделей реакторов установки каталитического риформинга ЛГ-35-11/300-95 на основе статистической и нечеткой информации используются методы системного анализа (Reverberi et al, 2016); методы построения статистических моделей (Карманов, 2017), (Motlatsi et al, 2021) методы экспертной оценки и аппарат теорий нечетких множеств (Гуцыкова, 2017), (Рыжов, 2017), а также гибридный метод разработки математических моделей на основе информации различного характера (Orazbayev и др., 2018).

**Результаты исследования.** Модели реакторов установки каталитического риформинга ЛГ-35-11/300-95 Атырауского НПЗ. На основе экспериментально-статистических данных и нечеткой информации от экспертов идентифицированы структуры моделей, позволяющие определить объема катализата с выхода реакторов риформинга Р-4, Р-4а и качества катализата в зависимости от входных, режимных параметров:

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

$$\tilde{y}_2 = \tilde{a}_0 + \sum_{i=1}^5 \tilde{a}_i x_i + \sum_{i=1}^5 \sum_{k=i}^5 \tilde{a}_{ik} x_i x_k, \quad (2)$$

где  $y_1^{R-4,R-4a}$  – объем катализата, с реакторов риформинга Р-4, Р-4а;  $\tilde{y}_2$  – нечеткое значение октанового числа катализата, оцениваемые экспертами в лаборатории;  $x_i, i = \overline{1,5}$  – входные, режимные параметры реакторов риформинга, соответственно:  $x_1$  – расход сырья (гидрогенизата);  $x_2$  – объемная скорость в реакторах риформинга;  $x_3$  и  $x_4$  – температура и давление в реакторах Р-4, Р-4а;  $x_5$  – соотношение водород/сырье;  $a_0, a_i, a_{ik}$  и  $\tilde{a}_0, \tilde{a}_i, \tilde{a}_{ik}$  – соответственно четкие и нечеткие коэффициенты регрессии.

Таким образом модели определения объема катализата с блока риформинга идентифицированы в виде уравнений множественной регрессии (1), а и его качества (октановое число) – в виде нечетких уравнений множественной регрессии (2). Октановое число в производственных условиях непосредственно не измеряется, поэтому определяется в заводской лаборатории специалистами на основе его опыта и знаний и специальных средств и методики.

На основе обработки экспериментально-статистических с использованием пакета программ REGRESS, реализующий метод наименьших квадратов проведена параметрическая идентификация неизвестных коэффициентов модели (1):

$$y_2^{R-4, R-4a} = 0.3989835x_1 + 11.1869231x_2 - 0.00315895x_3 - 1.0239130x_4 + 0.0253700x_5 + 0.0050697x_1^2 + 9.2899408x_2^2 - 0.0000585x_3^2 - 0.0445179x_4^2 + 0.0000491x_5^2 + 0.2301827x_1x_2 + 0.0001003x_1x_3 + 0.00216839x_1x_4 + 0.00049873x_2x_3 - 0.5250836x_1x_4 - 0.0006867x_3x_4, \quad (3)$$

Для идентификации нечетких коэффициентов модели (2) с помощью множества уровня проведены  $\alpha$  срезы на трех уровнях 0,5, 0,75 и 1. Функции принадлежности нечетких коэффициентов построены в виде гауссово типа с помощью приложения Fuzzy Logic Toolbox системы MATLAB. В результате получены четкие значения идентифицируемых коэффициентов на  $\alpha=0,5; 0,75; 1; 0,75$  и  $0,5$  (Оразбаев и др., 2021):

$$\begin{aligned} \tilde{y}_2 = & \left( \frac{0.5}{0.430000} + \frac{0.75}{0.433000} + \frac{1}{0.435000} + \frac{0.75}{0.437000} + \frac{0.5}{0.440000} \right) x_{14} - \\ & - \left( \frac{0.5}{20.076906} + \frac{0.75}{20.076916} + \frac{1}{20.076923} + \frac{0.75}{20.076930} + \frac{0.5}{20.076938} \right) x_{24} + \\ & - \left( \frac{0.5}{0.052810} + \frac{0.75}{0.052824} + \frac{1}{0.052834} + \frac{0.75}{0.052844} + \frac{0.5}{0.052858} \right) x_{34} - \\ & - \left( \frac{0.5}{0.724870} + \frac{0.75}{0.724950} + \frac{1}{0.720000} + \frac{0.75}{0.725050} + \frac{0.5}{0.725130} \right) x_{44} + \\ & + \left( \frac{0.5}{0.042209} + \frac{0.75}{0.042339} + \frac{1}{0.042439} + \frac{0.75}{0.042539} + \frac{0.5}{0.042669} \right) x_{54} + \\ & + \left( \frac{0.5}{0.005198} + \frac{0.75}{0.005328} + \frac{1}{0.005438} + \frac{0.75}{0.005548} + \frac{0.5}{0.005688} \right) x_{14}^2 - \\ & - \left( \frac{0.5}{15.443467} + \frac{0.75}{15.443637} + \frac{1}{15.446787} + \frac{0.75}{15.443937} + \frac{0.5}{15.443112} \right) x_{24}^2 + \\ & + \left( \frac{0.5}{0.000007} + \frac{0.75}{0.000057} + \frac{1}{0.000107} + \frac{0.75}{0.000157} + \frac{0.5}{0.000207} \right) x_{34}^2 - \\ & - \left( \frac{0.5}{0.030058} + \frac{0.75}{0.030138} + \frac{1}{0.030138} + \frac{0.75}{0.030278} + \frac{0.5}{0.030358} \right) x_{44}^2 + \\ & + \left( \frac{0.5}{0.000004} + \frac{0.75}{0.000054} + \frac{1}{0.000104} + \frac{0.75}{0.000154} + \frac{0.5}{0.000224} \right) x_{54}^2 + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \left( \frac{0.5}{0.000100} + \frac{0.75}{0.000170} + \frac{1}{0.000220} + \frac{0.75}{0.000270} + \frac{0.5}{0.000340} \right) x_{14} x_{34} + \\
& + \left( \frac{0.5}{0.000125} + \frac{0.75}{0.000205} + \frac{1}{0.000265} + \frac{0.75}{0.000325} + \frac{0.5}{0.000405} \right) x_{14} x_{54} - \\
& - \left( \frac{0.5}{0.557242} + \frac{0.75}{0.557492} + \frac{1}{0.557692} + \frac{0.75}{0.557892} + \frac{0.5}{0.558142} \right) x_{24} x_{44} + \\
& + \left( \frac{0.5}{0.00006} + \frac{0.75}{0.000046} + \frac{1}{0.000086} + \frac{0.75}{0.000126} + \frac{0.5}{0.000166} \right) x_{34} x_{54};
\end{aligned}$$

Затем с применением пакета программ REGRESS на основе метода наименьших квадратов определены четкие значения регрессионных коэффициентов на выбранных  $\alpha$  уровнях. Для расчета значения октанового числа катализа и компьютерного моделирования определенные значения коэффициентов регрессии на  $\alpha$  срезах объединены на основе соответствующей формулы (Рыжов, 2017). Таким образом, после идентификации параметров на  $\alpha$  уровнях и их объединения получена следующая модель оценки качества, т.е. октанового числа катализата, удобная для компьютерного моделирования:

$$\begin{aligned}
y_2 = & 0.4356500x_1 - 20,0758500x_2 - 0.05598558x_3 - 0.7200577x_4 + 0.0423567x_5 + \\
& + 0,0055003x_1^2 - 15.4456725x_2^2 + 0.0001147x_3^2 - 0.0230225x_4^2 + 0.0001237x_5^2 + 0.0002533x_1x_3 + (4) \\
& + 0.0002887x_1x_5 - 0.5577895x_2x_4 + 0.0000957x_3x_5.
\end{aligned}$$

Фракционный состав катализата и влияющий на качества катализа, описываются тоже нечетко и также оцениваются с участием экспертов. Нечетких моделей, описывающие фракционный состав, можно построить на основе описанного выше подхода к оценке октанового числа.

Структура интеллектуализированной системы компьютерного моделирования и оптимизации режимов работы реакторов риформинга установки ЛГ-35-11/300-95. В процессе управления режимами работы ХТС ЛПР, например, оператор-технолог, часто попадает в сложную, когда для принятия наилучшего решения требуется проанализировать большой объем информации, сравнивать множество альтернатив по вектору критериев. Причем такие задачи усложняются тем, что критерии являются противоречивыми и ЛПР необходимо оценить последствия принимаемого решения в условиях неопределенности в нечеткой среде.

Эффективным подходом к решению таких сложных, трудноформализуемых задач является использование интеллектуализированных систем компьютерного моделирования и оптимизации на основе математических моделей (ИСКМО) на базе современных компьютеров.

Такая система позволяют эффективно объединить достижения методов моделирования, оптимизации на основе использования способностей ЛПР решать нечеткие задачи и возможностями современных компьютеров. Такой симбиоз формальных и неформальных методов, компьютерных технологий позволяет улучшить и ускорить процедуру принятия эффективного решения ЛПР для управления режимами работы ХТС.

Можно предложить следующую структуру ИСКМО для оптимизации режимов работы реакторов риформинга, включающие в себя пакет их взаимосвязанных моделей, разрабатываемые с учетом нечеткости исходной информации, базы знаний, аккумулирующий знания ЛПР, специалистов-экспертов, и других необходимых блоков системы (рисунок 2).

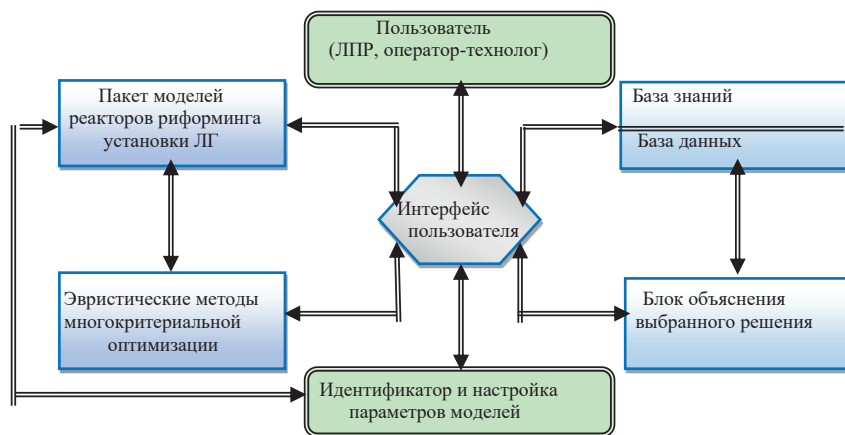


Рисунок 2. Структура ИСКМО для оптимизации режимов работы реакторов риформинга

Приведенные на рисунке 2 основные функциональные блоки ИСКМО связаны через информационные потоки и каждый из них в системе выполняет определенные функции, а все вместе за счет свойства синергизма и эмерджентности системы позволяют эффективно реализовать процесса компьютерного моделирования и оптимизации ХТС.

Пользователем ИСКМО является ЛПР, например, операторы-технологи управляющие реакторами риформинга установки каталитического риформинга. В процессе решения задачи ЛПР осуществляет с помощью системы выбор наилучшего режима работы реакторов, который обеспечивает оптимальные (компромиссные) значения критериев оценки качества работы реакторов. Выбор наилучшего решения



ЛПР реализует с учетом сложившейся производственной ситуаций, производственного плана, требований к объему и качеству производимой продукции, и т. д. Таким образом, решение принимается с учетом важности локальных критериев и ограничений и их изменений, т.е. ЛПР в диалоге с системой решает задачу многокритериальной оптимизации режимов работы реакторов риформинга на основе их моделей.

Пакет моделей реакторов риформинга установки ЛГ-35-11/300-95 объединяет математических моделей взаимосвязанных реакторов риформинга Р-2, Р-3, Р-4 и Р-4а блока риформинга в единый пакет. Эти модели, которые могут быть разработаны на основе различных методов в зависимости от характера исходной информации, объединяются в соответствии со схемой протекания технологического процесса риформинга. Соответственно пакет моделей позволяет системно моделировать работы реакторов риформинга блока риформинга. Кроме того, эти модели используются при расчете значений локальных критериев выбора режима работы объекта в зависимости от изменений входных, режимных параметров.

Эвристические методы многокритериальной оптимизации предназначены для формализации и решения задач многокритериальной оптимизации для управления режимами работы реакторов риформинга с учетом нечеткости исходной информации. Такие эвристические методы решения задач многокритериальной оптимизации разрабатываются на основе модификации различных принципов оптимальности для работы в нечеткой среде (Carreno, 2014), (Orazbayev et all, 2022). Данные методы на основе пакета моделей, базы знаний и данных, и при необходимости других блоков системы позволяют определить и выбрать ЛПР наилучшего режима работы реакторов риформинга установки ЛГ-35-11/300-95 по выбранным критериям с выдачей рекомендуемых значений входных и режимных параметров.

Базы знаний и база данных служат для создания базы знаний и данных и хранения в них формализованных знаний ЛПР, экспертов предметной области и статистических данных о показателях производства. На основе формализованных знаний и данных этого блока проводится анализ работы и основных показателей объекта, а также реализуются процессы подготовки и принятия решений для управления режимами работы реакторов риформинга. Кроме того, данные из этого блока используются при составлении отчетов и адаптации математических моделей.

Интерфейс пользователя предназначен организации удобного

дружественного, диалогового режима работы пользователя с компьютером при вводе и корректировке исходных данных ЛПР, а также при выполнении других функций ИСКМО.

Объяснения выбранного решения. Данный блок реализует функцию объяснения выбранных решений и подсказки по выполнению некоторых действий при эксплуатации ИСКМО.

Идентификатор и настройка параметров моделей представляет собой программу, которая при необходимости на основе алгоритмов параметрической идентификации идентифицирует параметров моделей.

Основной интерфейс созданной ИСКМО, предназначенной для оптимизации режимов работы реакторов риформинга на основе компьютерного моделирования в диалоговом режиме ЛПР-компьютер, представлен на рисунке 3.

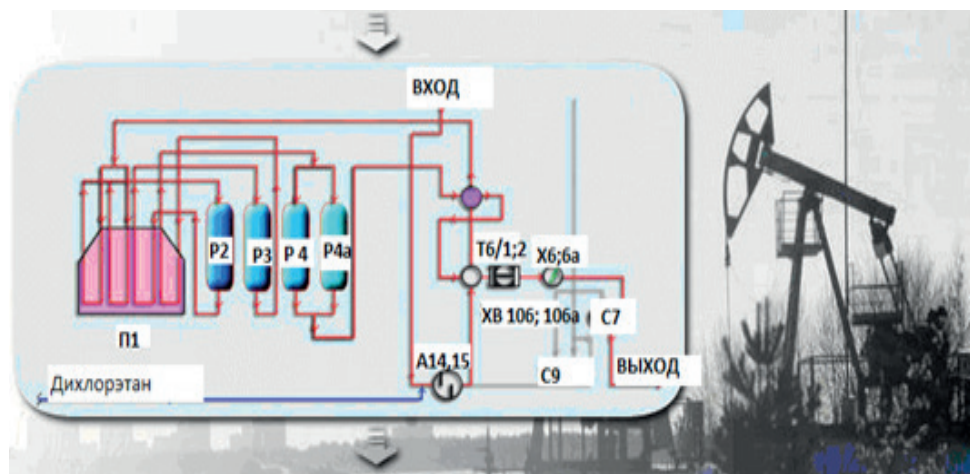


Рисунок 3. Интерфейс ИСКМО для оптимизации режимов работы реакторов риформинга на основе компьютерного моделирования

Как видно, из рисунка 3 в режиме моделирования для удобства в Интерфейсе на верхней части приведены наименование основных режимных-входных параметров ( $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$ ), меняя которых осуществляется процесс компьютерного моделирования и поиск оптимального режима работы ректоров риформинга. Для удобства пользователю в правой части каждого входного, режимного параметра показаны его интервалы изменения.

Для выбора моделируемого реактора риформинга (P-2, P-3, P-4,4a) в интерфейсе имеется соответствующее окно. Для изменения значения

каждого из параметров  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$  в правой стороне имеются соответствующие окна.

В нижней части окна приводятся результаты моделирования – значения выходных параметров процесса –  $y_j, j = \overline{1,5}$ , (количество вырабатываемой продукции и качественные показатели целевой продукции). Для вывода нового значения выходных параметров при изменении входных необходимо нажать на кнопку: стоящей перед соответствующими  $y_j, i = \overline{1,5}$ .

На рисунке 3 приведены результаты поиска оптимального режима работы реакторов риформинга на основе компьютерного моделирования.

Таким образом, с помощью данной системы, меняя значения входных, режимных параметров ( $x_i, i = \overline{1,5}$ ) и моделируя различные режимы работы реакторов риформинга на компьютере, можно найти оптимальный режим их работы, т.е. найти такие значения  $x_i, i = \overline{1,5}$ , которые обеспечивают наилучшие значения выходных параметров  $y_j, j = \overline{1,5}$ .

Следует отметить, что описанный режим оптимизации требует опыт и знаний пользователя, а также времени, т.е. неудобно для производственников. Поэтому для улучшения данной системы в производственных условиях создается подсистема «Система принятия решений» на основе эвристических методов многокритериальной оптимизации для выбора оптимальных режимов работы реакторов риформинга с учетом нечеткости исходной информации, предложенные нами в (Carreno, 2014), (Orazbayev et all, 2022). Такие алгоритмы позволяют пользователю в удобном режиме решать задачи оптимизации, т.е. осуществляет автоматизированный поиск таких значений входных параметров, которые обеспечивают оптимальных значений выходных параметров – критериев.

**Обсуждение результатов.** Пакет математических моделей реакторов риформинга разработан на основе использование статистических данных и экспертной информации, выраженная нечетко на естественном языке в виде суждения и высказываний экспертов предметной области, лица, принимающего решения при управлении процессом риформинга. Для сбора, обработки и использования нечеткой информации, представляющей собой формализованного интеллекта человека-оператора, применены методы экспертной оценки и математический аппарат теорий нечетких множеств.

Математическая модель, определяющая объем целевой продукции с реакторов риформинга в зависимости от входных, режимных пара-

метров блока риформинга, построена в виде нелинейного уравнения множественной регрессии (1). Такая структура модели идентифицирована на основе метода последовательного включения регрессоров, а ее неизвестные параметры, т.е. регрессионные коэффициенты идентифицированы с помощью метода наименьших квадратов на основе экспериментально-статистических данных.

Так как качество катализата, т.е. его октановое число характеризуется нечеткостью, зависимость октанового числа от входных, режимных параметров  $x_i, i = \overline{1,5}$ , определена в виде нечеткой регрессионной модели с нечеткими коэффициентами (2). Параметрическая идентификация нечетких регрессионных коэффициентов модели (2) реализована с помощью модифицированного метода наименьших квадратов на трех  $\alpha$ -срезах. Затем путем объединения значения нечетких коэффициентов на этих  $\alpha$ -срезах получена удобная модель для оценки октанового числа катализата с помощью компьютерного моделирования вида (4).

Структура интеллектуализированной системы компьютерного моделирования для оптимизации режимов работы реакторов риформинга (рисунок 2) создана по принципу открытых систем, т. е. допускает добавлять дополнительные блоки и менять их при необходимости. Представленные основные функциональные блоки созданной системы компьютерного моделирования и оптимизации режимов работы реакторов связаны через информационные потоки и каждый из них в системе выполняет определенные функции. А все эти функциональные блоки вместе за счет свойства синергизма и эмерджентности системы позволяют эффективно реализовать процесса моделирования и оптимизации исследуемых объектов.

Заключение. Исследованы проблемы неопределенности, возникающие случайным и нечетким характерами исходной информации, которые усложняют процессы разработки математических моделей и оптимизации режимов работы сложным ХТС. В качестве таких ХТС рассматривается блок риформинга установки каталитического риформинга ЛГ-35-11/300-95, функционирующего на Атырауском нефтеперерабатывающем заводе, в условиях неопределенности из-за случайного характера и нечеткости исходной информации. На основе комплексного использования доступной информации различного характера предлагаются подходы к их решению. Для эффективной оптимизации создана интеллектуализированная система компьютерного моделирования на основе моделей, построенных с использованием интеллекта человека-оператора. Такие модели, по сравнению с тради-

ционными моделями, при наличии компетентных специалистов-экспертов и правильном проведении экспертной оценки и обработки полученной нечеткой информации, являются более адекватными и содержательными, так как учитывают не формализуемые сложные связи между параметрами нечетко описываемых ХТС.

К основным результатам полученные в процессе исследования относятся:

1. Разработанная модель, для определения объема целевой продукции реакторов реформинга имеет структуру множественного регрессионного уравнения, параметры которого идентифицируются с помощью пакета программ, реализующих алгоритм метода наименьших квадратов.

2. Для определения нечетко описываемого качества продукции разработана нечеткая модель, имеющая структуру нечеткого уравнения множественной регрессии, имеющая нечетких коэффициентов регрессии. В этой модели нечеткие регрессионные коэффициенты идентифицированы с помощью модифицированного метода наименьших квадратов на основе множества уровня  $\alpha$ .

3. Создана структура интеллектуализированной системы оптимизации режимов работы реакторов реформинга на основе компьютерного моделирования, описаны ее основные блоки. Описан основной интерфейс ИСКМО для оптимизации режимов работы реакторов реформинга на основе компьютерного моделирования.

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

#### **Information about authors:**

**Zhumadillayeva A.K.** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Dean of the Faculty of Information Technologies, L.N. Gumilyov Eurasian National University, e-mail: ay8222@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1741-7553>;

**Kabibullin M.D.** – doctoral student of the Department of System Analysis and Control, L.N.Gumilyov Eurasian National University, e-mail: madyar\_kabibullin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3972-7894>;

**Orazbayev B.B.** – doctor of technical sciences, academician of the

Engineering academy of the republic of Kazakhstan, professor of the department of System analysis and Control, L.N. Gumilyov Eurasian National University, e-mail: batyr\_o@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-2109-6999>;

**Orazbayeva K.N.** – doctor of technical sciences, professor of the department of management, Esil University, e-mail: kulman\_o@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1741-7553>;

**Tuleuov Zh.N.** – Managing Director for Processes of Oil Refining and Desulfurization of Atyrau Oil Refinery LLP, e-mail: zh.tuleuov@anpz.kz, <https://orcid.org/0000-0003-2353-2416>.

#### ЛИТЕРАТУРА

Biegler L.T., Lang Y.D., Lin W.J. (2016) Multi-scale Optimization for Process Systems Engineering, Computers and Chemical Engineering, №10, pp. 17–35.

Carreno J.E. (2014) Multi-objective optimization by using evolutionary algorithms: The p-Optimality Criteria, IEEE Transactions on Evolutionary Computation., vol. 18. N 2, pp. 167–179. (in Eng.).

Chen Y., He L., Li J., Zhang S. (2018) Multi-criteria design of shale-gas-water supply chains and production systems towards optimal life cycle economics and greenhouse gas emissions under uncertainty, Computers & chemical engineering, vol. 109, pp. 216–235 (in Eng.).

Isakov Yu.A. Artificial intelligence (2018) ModernScience.No 6-1. pp. 25-27.

L. Sansyzybay, B. Orazbayev, W. Wojcik (2020) Development and Analysis of Models for Assessing Predicted Mean Vote Using Intelligent Technologies, International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems. DOI: 10.5391/IJFIS.2020.20.4.324 (in Eng.).

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

Motlatsi C. Lehloka, James A. Swart, and Pierre E. Hertzog (2021) Linear Regression Algorithm Results for a PV Dual-Axis Tracking-Type System, International Journal of Electrical and Electronic Engineering & Telecommunications, Vol. 10, No. 2, pp. 139-144. Doi: 10.18178/ijeetc.10.2.139-144.

Orazbayev B.B, Ospanov E.A., Orazbayeva K.N., Kurmangazieva L.T. (2018) Hybrid Method for the Development of Mathematical Models of a Chemical Engineering System in Ambiguous Condition, Mathematical Models and Computer Simulations, V.10, -pp. 748-758 (in Eng.).

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.).

Orazbayev B., Zhumadillayeva A., Orazbayeva K., Iskakova S., Utenova, B., Gazizov F., Ilyashenko S., Afanaseva O. (2022) The System of Models and Optimization of Operating Modes of a Catalytic Reforming Unit Using Initial Fuzzy Information, Energies, V. 15, Issue 4, -P. 1-26. 1573. Doi: 10.3390/en15041573 (in Eng.).

Reverberi A.P., Kuznetsov N.T., Meshalkin V.P., Salerno M., Fabiano B. (2016) Systematical Analysis of Chemical Methods in Metal Nanoparticles Synthesis, Theor. Found. Chem. Eng, V. 50. № 1, – P. 63–75 (in Eng.).

Sharikov Yu.V., Petrov P.A. (2013) Universal model for catalytic reforming, Chemical and Petroleum Engineering. DOI: 10.1007/s10556-007-0103-z (in Eng.).

Абдулов П.В. (2018) Введение в теорию принятия решений, Москва, Медиа.146 с.

В.Г. Засканов, Д.Ю. Иванов, Г.М. Гришанов (2013) Системы поддержки принятия решений. Самара: СГАКУ им. С.П. Королева (нац. исслед.ун-т).175 с.

Гуцыкова С. (2017) Метод экспертных оценок. Теория и практика, Москва, Когито-Центр. 509 с.

Карманов Ф.И. (2017) Статистические методы обработки экспериментальных данных с использованием пакета MathCad, Москва, Инфра-М. 287 с.

Кашин О.Н. (2011) Оптимизация химико-технологической системы нефтеперерабатывающего завода с использованием энергосберегающих методов. Дисс.кандидата технических наук. Санк-Петербург, 135 с.

Липин А.Г. (2018) Математическое моделирование химико-технологических систем. Иваново. 135 с.

Макаров И.М., Лохин В.М., Манько С.В., Романов М.П. (2012) Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления, Москва, Наука. 336 с.

Муленко В.В (2015) Компьютерные технологии и автоматизированные системы. Москва, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. 73 с.

Оразбаев Б.Б., Жумадилаева А.К., Дюсекеев К.А., Сантеева С.А., Xiao-Guang Yue (2021) Разработка математических моделей реакторов риформинга бензина установки ЛГ-35-11/300-95 на основе системного подхода, Известия национальной академии наук РК, Series physic-mathematical, 5 (339). с.145-152.

Попов А.Л (2019) Проектирование и создание систем поддержки принятия решений, Екатеринбург, Урал. гос. ун-т. 137 с.

Прокопюк С.Г., Масгутов Р.Н. (2018) Промышленные установки каталитического крекинга, Москва. 278 с.

Рыжов А.П. (2017) Теория нечетких множеств и ее приложений: монография, Москва, МГУ. 115 с.

Чернов В.Г. (2019) Модель поддержки принятия решений при планировании проекта внедрения КИС на основе нечетких множеств, Москва, Наука. 347с.

## REFERENCES

Biegler L.T., Lang Y.D., Lin W.J. (2016) Multi-scale Optimization for Process Systems Engineering, Computers and Chemical Engineering, №10, pp. 17–35.

Carreno J.E. (2014) Multi-objective optimization by using evolutionary algorithms: The p-Optimality Criteria, IEEE Transactions on Evolutionary Computation., vol. 18. N 2, pp. 167–179. (in Eng.).

Chen Y., He L., Li J., Zhang S. (2018) Multi-criteria design of shale-gas-water supply chains and production systems towards optimal life cycle economics and greenhouse gas emissions under uncertainty, Computers & chemical engineering, vol. 109, pp. 216–235 (in Eng.).

Isakov Yu.A. Artificial intelligence (2018) ModernScience.No 6-1. pp. 25-27.

L. Sansyzybay, B. Orazbayev, W. Wojcik (2020) Development and Analysis of Models for Assessing Predicted Mean Vote Using Intelligent Technologies, International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems. DOI: 10.5391/IJFIS.2020.20.4.324 (in Eng.).

M. Fayaz, S. Ahmad, I. Ullah, D. Kim. (2018) A Blended Risk Index Modeling and

Visualization Based on Hierarchical Fuzzy Logic for Water Supply Pipelines Assessment and Management, Processes, V. 6. № 5. pp. 102–112 (in Eng.).

Motlatsi C. Lehloka, James A. Swart, and Pierre E. Hertzog (2021) Linear Regression Algorithm Results for a PV Dual-Axis Tracking-Type System, International Journal of Electrical and Electronic Engineering & Telecommunications, Vol. 10, No. 2, pp. 139-144. Doi: 10.18178/ijeetc.10.2.139-144.

Orazbayev B.B, Ospanov E.A., Orazbayeva K.N., Kurmangazieva L.T. (2018) Hybrid Method for the Development of Mathematical Models of a Chemical Engineering System in Ambiguous Condition, Mathematical Models and Computer Simulations, V.10, -pp. 748-758 (in Eng.).

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.).

Orazbayev B., Zhumadillayeva A., Orazbayeva K., Iskakova S., Utenova, B., Gazizov F., Ilyashenko S., Afanaseva O. (2022) The System of Models and Optimization of Operating Modes of a Catalytic Reforming Unit Using Initial Fuzzy Information, Energies, V. 15, Issue 4, -P. 1-26. 1573. Doi: 10.3390/en15041573 (in Eng.).

Reverberi A.P., Kuznetsov N.T., Meshalkin V.P., Salerno M., Fabiano B. (2016) Systematical Analysis of Chemical Methods in Metal Nanoparticles Synthesis, Theor. Found. Chem. Eng, V. 50. № 1, – P. 63–75 (in Eng.).

Sharikov Yu.V., Petrov P.A. (2013) Universal model for catalytic reforming, Chemical and Petroleum Engineering. DOI: 10.1007/s10556-007-0103-z (in Eng.).

Abdulov P.V. (2018) Introduction to the theory of decision-making, Moscow, Media.146 p.

V.G. Zaskanov, D.Y. Ivanov, G.M. Grishanov (2013) Decision support systems. Samara: SSAKU named after S.P. Korolev (National Researchun-t).175 p.

Gutsykova S. (2017) The method of expert assessments. Theory and Practice, Moscow, Kogito-Center. 509 p.

Karmanov F.I. (2017) Statistical methods of experimental data processing using the MathCad package, Moscow, Infra-M. 287 p.

Kashin O.N. (2011) Optimization of the chemical-technological system of an oil refinery using energy-saving methods. Diss.candidate of technical Sciences. St. Petersburg, 135 S.

Lipin A.G. (2018) Mathematical modeling of chemical and technological systems. Ivanovo. 135 p.

Makarov I.M., Lokhin V.M., Manko S.V., Romanov M.P. (2012) Artificial Intelligence and Intelligent control systems, Moscow, Nauka. 336 c.

Mulenko V. In (2015) Computer technologies and automated systems. Moscow, Gubkin Russian State University of Oil and Gas. 73 p.

Orazbayev B.B., Zhumadillayeva A.K., Dyusekeev K.A., Santeeva S.A., Xiao-Guang Yue (2021) Development of mathematical models of gasoline reforming reactors of the LG plant-35-11/300-95 based on a systematic approach, Proceedings of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series physical-mathematical, 5 (339). p. 145-152.

Popov A.L. (2019) Design and creation of decision support systems, Yekaterinburg, Ural State University. 137 p.

Prokopyuk S.G., Masgutov R.N. (2018) Industrial catalytic cracking plants, Moscow. 278 p.

Ryzhov A.P. (2017) Theory of fuzzy sets and its applications: monograph, Moscow, MSU. 115 p.

Chernov V.G. (2019) Decision support model for the planning of a CIS implementation project based on fuzzy sets, Moscow, Nauka. 347c.



## МАЗМҰНЫ

<b>А.С.Ақанова, А.А.Макашев, С.А. Наурызбаева, Н.Н.Оспанова</b> ИНТЕРНЕТТЕН ТАҚЫРЫП БОЙЫНША ДЕРЕКТЕРДІ АЛУЫН МОДЕЛДЕУ.....	5
<b>Ж.С. Авкурова, С.А. Гнатюк, Б.К. Абдураимова, Л.М. Кыдыралина</b> КИБЕРКЕҢІСТІКТЕГІ АРТ-ШАБУЫЛДАРДЫ ЕРТЕ АНЫҚТАУ ЖӘНЕ БҰЗУШЫЛАРДЫ СӘЙКЕСТЕНДІРУ ҮШІН ЭТАЛОН МОДЕЛЬДЕРІ АНЫҚТАУШЫ ЕРЕЖЕЛЕР.....	19
<b>М.А. Болатбек, К.Б. Багитова, Ш.Ж. Мусиралиева</b> КИБЕРҚАУІПСІЗДІК МӘСЕЛЕЛЕРІН ТАБИҒИ ТІЛДІ ӨНДЕУ ӘДІСТЕРІ АРҚЫЛЫ ШЕШУ ТАҚЫРЫБЫНА ЖҮЙЕЛІК ШОЛУ.....	52
<b>А.К. Жумадиллаева, М.Д. Кабибуллин, Б.Б. Оразбаев, К.Н. Оразбаева, Ж.Н. Тулеуов</b> КАТАЛИТИКАЛЫҚ РИФОРМИНГ ҚОНДЫРҒЫСЫ РИФОРМИНГТЕУ РЕАКТОРЛАРЫ ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІН КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ НЕГІЗІНДЕ ОПТИМИЗАЦИЯЛАУ.....	71
<b>Ж.Д. Изтаев, Г.Т. Джусупбекова, Г.К. Ордабаева</b> УНИВЕРСИТЕТ ҮШІН АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК ҚАТЕРЛЕРІНІҢ ЖЕКЕ МОДЕЛІН ӨЗІРЛЕУ.....	91
<b>Ж.С. Каженова, Ж.Е. Кенжебаева, А.М. Прудник</b> MQTT (ТЕЛЕМЕТРИЯ ХАБАРЛАМАЛАРЫ КЕЗЕГІН ТАСЫМАЛДАУ) ХАТТАМАСЫНЫҢ ҚАУІПСІЗДІК МЕХАНИЗМДЕРІ.....	117
<b>А.Ж. Картбаев, Г.С. Ыбытаева, О.Ж. Мамырбаев, К.Ж. Мухсина, Б.Ж. Жумажанов</b> АВТОМАТТЫ ҚЫЛМЫС ОНТОЛОГИЯСЫН ҚҰРУ ҮШІН ҚЫЛМЫС ЖАҒАЛЫҚТАРЫНДА СУБЪЕКТИЛЕРДІ ФОРМАЛЬДЫ КӨРСЕТУ ӘДІСТЕРІ.....	136
<b>А.Т. Мазақова, Қ.Б. Бегалиева, Т.Ж. Мазаков, Ш.А. Жомартова, Г.З. Зиятбекова</b> КВАДРАТ ҚИМАСЫ БАР ӨЗЕКШЕНІҢ ЖЫЛУ ӨТКІЗГІШТІК ТЕҢДЕУІН ҚАРАПАЙЫМ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕҢДЕУЛЕР ЖҮЙЕСІНЕ ҚОЮ АРҚЫЛЫ ШЕШУ.....	153

<b>Ж.Ж. Молдашева, Б.Б. Оразбаев, Б.У. Асанова, С.Ш. Исакова, К.Н. Оразбаева</b> МҰНАЙ ҚҰБЫРЫ АГРЕГАТТАРЫНЫҢ ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІН БАСҚАРУ ҮШІН ЭВРИСТИКАЛЫҚ ТӘСІЛ ҚҰРУ.....	164
<b>А.Б. Мименбаева, А.С. Аканова</b> СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ АУЫЛШАРУАШЫЛЫҒЫ ДАҚЫЛДАРЫНЫҢ КҮЙІН NDVI СЫЗЫҚТЫҚ ТРЕНДТЕРІ АРҚЫЛЫ ЗЕРТТЕУ.....	185
<b>М.О. Ногайбаева, Б. Ахметов, Дж.Дж. Расулзаде, Е.А. Максум, С. Рустамов</b> U-NET КОНВОЛЮЦИЯЛЫҚ НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІ НЕГІЗІНДЕ ТОПОЛОГИЯЛЫҚ ОҢТАЙЛАНДЫРУДЫҢ ЕСЕПТЕУ ПРОЦЕСІН ЖЕДЕЛДЕТУ.....	198
<b>Г.Б. Туребаева, А.К. Сыздықов, А.Р. Тенчурина, Ж.Б. Дошакова</b> ҚОЛДАНБАЛЫ БАҒДАРЛАМАЛАРДЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУЛЕРДІ ШЕШУДІҢ САНДЫҚ ӘДІСТЕРІ.....	214
<b>К.С. Чезимбаева, А.Н. Хайруллина</b> LORA ҚАБЫЛДАҒЫШ/ТАРАТҰЫШЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ.....	228
<b>А.Г. Шаушенова, А.А. Нурпейсова, Ж.С. Муталова, Д.Б. Досалянов, М.Б. Онгарбаева</b> ҚАШЫҚТЫҚТАН ОҚЫТУДА БІЛІМ АЛУШЫНЫ ИДЕНТИФИКАЦИЯЛАУ ЖӘНЕ БЕЙНЕМОНИТОРИНГТЕУ ШЕТЕЛДІК ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	247
<b>К. Якунин, Р.И. Мухамедиев, М. Елис, Я. Кучин, Н. Юничева, А. Сымагулов, Е. Мухамедиева</b> КОВИД-19 ПАНДЕМИЯСЫ ТАҚЫРЫП БОЙЫНША ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БАҚ БАСЫЛЫМДАРЫНЫҢ ТАҚЫРЫПТЫҚ КЛАСТЕРЛЕРІН ТАЛДАУ.....	260

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>А.С. Аканова, А.А. Макашев, С.А. Наурызбаева, Н.Н. Оспанова</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМАТИЧЕСКОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ДАННЫХ ИЗ ИНТЕРНЕТА.....	5
<b>Ж.С. Авкурова, С.А. Гнатюк, Б.К. Абдураимова, Л.М. Кыдыралина</b> МОДЕЛИ ЭТАЛОНОВ И ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРАВИЛА ДЛЯ СИСТЕМРАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ АРТ-АТАКИ ИДЕНТИФИКАЦИИ НАРУШИТЕЛЕЙ В КИБЕРПРОСТРАНСТВЕ.....	19
<b>М.А. Болатбек, К.Б. Багитова, Ш.Ж. Мусиралиева</b> СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ТЕМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА.....	52
<b>А.К. Жумадиллаева, М.Д. Кабибуллин, Б.Б. Оразбаев, К.Н. Оразбаева, Ж.Н. Тулеуов</b> ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ РЕАКТОРОВ РИФОРМИНГА УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	71
<b>Ж.Д. Изтаев, Г.Т. Джусупбекова, Г.К. Ордабаева</b> РАЗРАБОТКА ЧАСТНОЙ МОДЕЛИ УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ УНИВЕРСИТЕТА.....	91
<b>Ж.С. Каженова, Ж.Е. Кенжебаева, А.М. Прудник</b> МЕХАНИЗМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОТОКОЛА MQTT (ТРАНСПОРТ ТЕЛЕМЕТРИИ ОЧЕРЕДИ СООБЩЕНИЙ).....	117
<b>А.Ж. Картбаев, Г.С. Ыбыгаева, О.Ж. Мамырбаев, К.Ж. Мухсина, Б.Ж. Жумажанов</b> МЕТОДЫ ФОРМАЛЬНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СУЩНОСТЕЙ В КРИМИНАЛЬНЫХ НОВОСТЯХ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОСТРОЕНИЯ ОНТОЛОГИИ ПРЕСТУПЛЕНИЙ.....	136
<b>А.Т. Мазакова, К.Б. Бегалиева, Т.Ж. Мазаков, Ш.А. Жомартова, Г.З. Зиятбекова</b> РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ СТЕРЖНЯ С КВАДРАТНЫМ СЕЧЕНИЕМ ПРИВИДЕНИЕМ К СИСТЕМЕ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ.....	153

<b>Ж.Ж. Молдашева, Б.Б. Оразбаев, Б.У. Асанова, С.Ш. Искакова, К.Н. Оразбаева</b> РАЗРАБОТКА ЭВРИСТИЧЕСКОГО МЕТОДА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ АГРЕГАТОВ НЕФТЕПРОВОДА.....	164
<b>А.Б. Мименбаева, А.С. Аканова</b> ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ЛИНЕЙНЫМ ТРЕНДАМ NDVI.....	185
<b>М.О. Ногайбаева, Б. Ахметов, Дж.Дж. Расулзаде, Е.А. Максум, С. Рустамов</b> УСКОРЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ U-NET.....	198
<b>Г.Б. Туребаева, А.К. Сыздыков, А.Р. Тенчурина, Ж.Б. Дошаков</b> ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ.....	214
<b>К.С. Чежимбаева, А.Н. Хайруллина</b> ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКА LORA.....	228
<b>А.Г. Шаушенова, А.А. Нурпейсова, Ж.С. Муталова, Д.Б. Досалянов, М.Б. Онгарбаева</b> ОСОБЕННОСТИ ЗАРУБЕЖНЫХ СИСТЕМ ВИДЕОМОНИТОРИНГА И ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ В ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ.....	247
<b>К. Якунин, Р.И. Мухамедиев, М. Елис, Я. Кучин, А. Сымагулов, Н. Юничева, Е. Мухамедиева</b> АНАЛИЗ ТЕМАТИЧЕСКИХ КЛАСТЕРОВ ПУБЛИКАЦИЙ СМИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН ПО ТЕМЕ ПАНДЕМИИ COVID-19.....	260

## CONTENTS

<b>A.S. Akanova, A.A. Makashev, C.A. Наурызбаева, N.N. Ospanova</b> MODELING OF THEMATIC DATA EXTRACTION FROM THE INTERNET.....	5
<b>Zh. Avkurova, S. Gnatyuk, B. Abduraimova, L. Kydyralina</b> MODELS OF STANDARDS AND GOVERNING RULES FOR THE SYSTEMS OF EARLY DETECTION OF APT-ATTACKS AND IDENTIFICATION OF VIOLATORS IN CYBERSPACE.....	19
<b>M. Bolatbek, K. Bagitova, Sh. Musiralieva</b> A SYSTEMATIC REVIEW ON CYBERSECURITY ISSUES USING NATURAL LANGUAGE PROCESSING TECHNIQUES.....	52
<b>A. Zhumadillayeva, M. Kabibullin, B. Orazbayev, K. Orazbayeva, Zh. Tuleuov</b> OPTIMIZATION OF THE OPERATING MODES OF THE REFORMING REACTORS OF THE CATALYTIC REFORMING UNIT BASED ON COMPUTER MODELING.....	71
<b>Zh.D. Iztayev, G.T. Dzhusupbekova, G.K. Ordabaeva</b> DEVELOPMENT OF A PRIVATE MODEL OF INFORMATION SECURITY THREATS FOR THE UNIVERSITY.....	91
<b>Zh.S. Kazhenova, Zh.E. Kenzhebayeva, A.M. Prudnik</b> SECURITY MECHANISMS OF PROTOCOL MQTT (MESSAGE QUEUEING TELEMETRY TRANSPORT).....	117
<b>A.Zh. Kartbayev, G.S. Ybytayeva, O.Zh. Mamyrbayev, K.Zh. Mukhsina, B.Zh. Zhumazhanov</b> METHODS FOR FORMAL REPRESENTATION OF ENTITIES IN CRIME NEWS FOR AUTOMATIC CRIME ONTOLOGY CONSTRUCTION.....	136
<b>A.T. Mazakova, K.B. Begaliyeva, T.Zh. Mazakov, Sh.A. Jomartova, G.Z. Ziyatbekova</b> SOLUTION OF THE THERMAL CONDUCTIVITY EQUATION OF A ROD WITH A SQUARE SECTION BY CASTING TO A SYSTEM OF ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONS.....	153

<b>Zh. Moldasheva, B. Orazbayev, B. Assanova, Sh. Iskakova, K. Orazbayeva</b> OPTIMIZATION OF OPERATION MODES OF REFORMING REACTORS OF A CATALYTIC REFORMING UNIT ON THE BASIS OF COMPUTER MODELING.....	164
<b>A.B. Mimenbayeva, A.C. Akanova</b> RESEARCH OF THE STATE OF AGRICULTURAL CROPS NORTH KAZAKHSTAN REGION ACCORDING TO LINEAR NDVI TRENDS.....	185
<b>M. Nogaibayeva, B. Akhmetov, J. Rasulzade, Y. Maksim, S. Rustamov</b> ACCELERATION OF THE COMPUTATIONAL PROCESS OF TOPOLOGICAL OPTIMIZATION BASED ON THE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK U-NET.....	198
<b>G. Turebaeva, A. Syzdykov, A. Tenchurina, J. Doshakov</b> NUMERICAL METHODS FOR SOLVING DIFFERENTIAL EQUATIONS USING APPLICATION PROGRAMS.....	214
<b>K.S. Chezimbayeva, A.N. Khairullina</b> EVALUATION OF LORA TRANSCEIVER PERFORMANCE.....	228
<b>A.G. Shaushenova, A.A. Nurpeisova, Z.S. Mutalova, D.B. Dosalyanov, M.B. Ongarbaeva</b> FEATURES OF FOREIGN SYSTEMS OF VIDEO MONITORING AND IDENTIFICATION OF STUDENTS IN DISTANCE LEARNING.....	247
<b>K. Yakunin, R.I. Mukhamediev, M. Elis, Ya. Kuchin, N. Yunicheva, A. Symagulov, E. Mukhamedieva</b> ANALYSIS OF THEMATIC CLUSTERS OF KAZAKHSTAN MEDIA PUBLICATIONS ON THE TOPIC OF THE COVID-19 PANDEMIC.....	260

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

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

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

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

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

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

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

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

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

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

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

**ISSN 2518-1726 (Online),**

**ISSN 1991-346X (Print)**

Директор отдела издания научных журналов НАН РК *А. Ботанқызы*

Заместитель директор отдела издания научных журналов НАН РК *Р. Жәліқызы*

Редакторы: *М.С. Ахметова, Д.С. Аленов*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадыранова*

Подписано в печать 15.09.2022.

Формат 60x88/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

17,5 п.л. Тираж 300. Заказ 3.