

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



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН»

N E W S

OF THE NATIONAL ACADEMY OF
SCIENCES OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN

SERIES OF PHYSICS AND MATHEMATICS

2 (354)

APRIL – JUNE 2025

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963
PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

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), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506682964>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1423665>

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), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

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), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55967630400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1774027>

BAIGUNCHEKOV Zhumadil Zhanabaeovich, 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), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506823633>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1923423>

WOICIK Waldemar, Doctor of Technical Sciences (Phys.-Math.), Professor of the Lublin University of Technology (Lublin, Poland), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7005121594>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/678586>

SMOLARJ Andrej, Associate Professor Faculty of Electronics, Lublin polytechnic university (Lublin, Poland), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56249263000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1268523>

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), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8701101900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1436451>

KHAIROVA Nina, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=37461441200>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1768515>

OTMAN Mohamed, PhD, Professor of Computer Science Department of Communication Technology and Networks, Putra University Malaysia (Selangor, Malaysia), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56036884700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/747649>

NYSANBAYEVA Saule Yerkebulanovna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of the Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55453992600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802041>

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), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603642864>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802016>

KAPALOVA Nursulu Aldazharovna, Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory cybersecurity, Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191242124>

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), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/38481396>

MIKHALEVICH Alexander Alexandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004159952>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/46249977>

TIGHINEANU Ion Mihailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician, President of the Academy of Sciences of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

Series of Physics and Mathematics

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty).

Certificate No. **KZ20VPY00113741** on the re-registration of the periodical printed and online publication of the information agency, issued on **28.02.2025** by the Republican State Institution «Information Committee» of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan

Subject area: *information and communication technologies.*

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

Periodicity: *4 times a year.*

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, 2025

БАС РЕДАКТОР:

МҮТАНОВ Ғалымқайыр Мұтанұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының м.а. (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506682964>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1423665>

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

ҚАЛИМОЛДАЕВ Максат Нұрәділұлы, (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының кеңесшісі, зертхана меңгерушісі (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

МАМЫРБАЕВ Өркен Жұмажанұлы (ғалым хатшы), Ақпараттық жүйелер саласындағы техника ғылымдарының (PhD) докторы, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» директорының ғылым жөніндегі орынбасары (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55967630400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1774027>

БАЙГҮНЧЕКОВ Жүмаділ Жанабайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты, Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы, Сәтбаев университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506823633>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1923423>

ВОЙЧИК Вальдемар, техника ғылымдарының докторы (физ-мат), Люблин технологиялық университетінің профессоры (Люблин, Польша), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7005121594>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/678586>

СМОЛАРЖ Анджей, Люблин политехникалық университетінің электроника факультетінің доценті (Люблин, Польша), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56249263000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1268523>

КЕЙЛАН Әлімхан, техника ғылымдарының докторы, профессор (ғылым докторы (Жапония)), ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институтының» бас ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8701101900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1436451>

ХАЙРОВА Нина, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институтының» бас ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=37461441200>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1768515>

ОТМАН Мохаммед, PhD, Информатика, Коммуникациялық технологиялар және желілер кафедрасының профессоры, Путра университеті Малайзия (Селангор, Малайзия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56036884700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/747649>

НЫСАНБАЕВА Сауле Еркебұланқызы, техника ғылымдарының докторы, доцент, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институтының» аға ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55453992600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802041>

БИЯШЕВ Рустам Гакашевич, техника ғылымдарының докторы, профессор, Информатика және басқару мәселелері институты директорының орынбасары, Ақпараттық қауіпсіздік зертханасының меңгерушісі (Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603642864>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802016>

КАПАЛОВА Нұрсұлу Алдажарқызы, техника ғылымдарының кандидаты, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты», Киберқауіпсіздік зертханасының меңгерушісі (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191242124>,

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина Ұлттық Ғылым академиясының академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/38481396>

МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович, техника ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь Ұлттық Ғылым академиясының академигі (Минск, Беларусь), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004159952>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/46249977>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика-математика сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы).

Ақпарат агенттігінің мерзімді баспасөз басылымын, ақпарат агенттігін және желілік басылымды қайта есепке қою туралы ҚР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі **28.02.2025** ж. берген №**KZ20VPY00113741** Күзлік.

Тақырыптық бағыты: *ақпараттық-коммуникациялық технологиялар*

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

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

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» РҚБ, 2025

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

МУТАНОВ Галимканр Мутанович, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506682964>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1423665>

Редакционная коллегия:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, советник генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» Комитета науки МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

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), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55967630400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1774027>

БАЙГУНЧЕКОВ Жумадил Жанабаевич, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Институт кибернетики и информационных технологий, кафедра прикладной механики и инженерной графики, Университет Сатпаева (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506823633>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1923423>

ВОЙЧИК Вальдемар, доктор технических наук (физ.-мат.), профессор Люблинского технологического университета (Люблин, Польша), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7005121594>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/678586>

СМОЛЯРЖ Анджей, доцент факультета электроники Люблинского политехнического университета (Люблин, Польша), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56249263000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1268523>

КЕЙЛАН Алимхан, доктор технических наук, профессор (Doctor of science (Japan)), главный научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8701101900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1436451>

ХАЙРОВА Нина, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=37461441200>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1768515>

ОТМАН Мохамед, доктор философии, профессор компьютерных наук, Департамент коммуникационных технологий и сетей, Университет Путра Малайзия (Селангор, Малайзия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56036884700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/747649>

НЫСАНБАЕВА Сауле Еркебулановна, доктор технических наук, доцент, старший научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55453992600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802041>

БИЯШЕВ Рустам Гакашевич, доктор технических наук, профессор, заместитель директора Института проблем информатики и управления, заведующий лабораторией информационной безопасности (Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603642864>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802016>

КАПАЛОВА Нурсулу Алдажаровна, кандидат технических наук, заведующий лабораторией кибербезопасности РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191242124>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/38481396>

МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович, доктор технических наук, профессор, академик НАН Беларуси (Минск, Беларусь), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004159952>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/46249977>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

«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 переучет периодического печатного издания, информационного агентства и сетевого издания № **KZ20VPU00113741**. Дата выдачи **28.02.2025**

Тематическая направленность: *информационно-коммуникационные технологии.*

В настоящее время: *вошел в список журналов, рекомендованных КОКШВО МНВО РК по направлению «информационно-коммуникационные технологии».*

Периодичность: *4 раза в год.*

Адрес редакции: *050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, оф. 219, тел.: 272-13-19*
<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

© РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан», 2025

CONTENTS

INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

O. Auyelbekov, E. Bostanov, R. Berkutbayeva, A. Seidildayeva, I. Musabekova ANALYSIS OF AGRICULTURAL YIELDS IN KAZAKHSTAN USING UNMANNED AERIAL VEHICLES AND AI.....	12
S.T. Akhmetova, S.U. Ismailov, A.A. Batyrbekov, A.S. Ismailova PREREQUISITES FOR CREATION OF A VIRTUAL 3D MODEL OF AN UNMANNED UNIVERSAL CROPPING TRACTOR.....	33
A. Bekarystankyzy, O. Mamyrbayev, D. Oralbekova, A. Yerimbetova, M. Turdalyuly TESTING THE AUDIO-TEXT DATASET FOR KAZAKH LANGUAGE USING THE CONFORMER ENCODER.....	50
G. Bekmanova, M. Kantureeva, A. Omarbekova, B. Ergesh, A. Zakirova THE USE AND IMPACT ASSESSMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HIGHER EDUCATION.....	61
N.S. Yesmukhamedov, S. Sapakova, Syed Abdul Rahman Al-Haddad, D. Daniyarova DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM ARCHITECTURE FOR HEALTHCARE INSTITUTIONS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE.....	74
T. Zhukabayeva, V. Desnitsky, Y. Mardenov, N. Karabayev INFORMATION SECURITY INCIDENT MANAGEMENT IN IIOT SYSTEMS WITH EDGE COMPUTING.....	92
M. Ilesbay, A. Tynymbayev, S. Mambetov, A. Barakova, O. Joldasbayev INTEGRATED METHOD OF INFORMATION PROTECTION BASED ON DATA COMPRESSION, ENCRYPTION AND SEPARATION.....	107
B.A. Karibayev, N. Meirambekuly, M. Ibraim, A.S. Baikenov, G.B. Ikhsan DESIGN OF A SIX-ELEMENT S-BAND ANTENNA ARRAY FOR CUBESAT.....	125
N. Karymsakova, K. Ozhikenov, M. Bolysbek, R. Beisembekova ARCHITECTURE OF THE MEDICAL REHABILITATION PLATFORM.....	140

D. Kuanyshbay, A. Shoiynbek, K. Rabbany, A. Bekarystankyzy, A. Mukhametzhanov COMPARISON OF MACHINE LEARNING AND REINFORCEMENT LEARNING FOR DEPRESSION RECOGNITION FROM SPEECH.....	155
E. Nysanov, Zh. Kemelbekova, E. Abdrashova, S. Kurakbaeva, A. Baydibekova MODELING AND CALCULATION OF THE FLOW OF THREE-PHASE MEDIA WITH VARIABLE CONCENTRATIONS.....	169
B. Orazbaev, Z. Kuzhukhanova, K. Orazbaeva, A. Kishubaeva DEVELOPMENT OF MODELS OF ATMOSPHERIC AND RECTIFICATION COLUMNS IN PRIMARY OIL REFINING.....	181
D. Rakhimova, A. Sarsenbayeva, A. Turarbek, A. Auezova THE USE OF DEEP LEARNING TO IMPROVE THE ACCURACY OF ANSWERS IN MULTILINGUAL QUESTION-AND-ANSWER SYSTEMS...	196
L. Rzayeva, D. Pogolovkin, A. Myrzatay DEVELOPMENT OF A MODULAR NLP-BASED CORRESPONDENCE ANALYSIS SERVICE FOR DIGITAL FORENSICS.....	212
A.T. Sankibayev, I. Makhambayeva, K. Kanibaikyzy, A. Temirbek MODELING OF VIBRATIONAL PROCESSES IN WOLFRAM MATHEMATICA SYSTEM.....	234
N.M. Temirbekov, A.K. Turarov NUMERICAL SOLUTION OF THE DIRECT AND INVERSE PROBLEM OF GAS LIFT OIL PRODUCTION PROCESS BY THE METHOD OF CONJUGATE EQUATIONS.....	251
Z. Utemaganbetov, Kh. Ramazanova, K. Bizhanova, R. Assylbayeva AN ANALYTICAL AND NUMERICAL METHOD FOR TRANSFERRING BOUNDARY CONDITIONS FOR A ONE-DIMENSIONAL DIFFUSION EQUATION.....	280
M. Khizirova, K. Chezhimbayeva, A. Kassimov, M. Yermekbayev RESEARCH ON DISTRIBUTION TRAFFIC AND DISTRIBUTION METHODS IN VANET NETWORKS.....	294
K. Yakunin, D. Kusain, R.I. Mukhamediev, N. Yunicheva, N. Kuldeyev INTEGRATION OF FLIGHT PATH PLANNING PROGRAMS AND CONTROL SYSTEMS OF UNMANNED AERIAL VEHICLES.....	317

МАЗМҰНЫ

АҚПАРАТТЫҚ-КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Ө. Әуелбеков, Е. Бостанов, Р. Беркутбаева, А. Сейдилдаева, І. Мусабекова ҚАЗҚАСТАНДА АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ӨНІМДІЛІГІН ҰШҚЫШСЫЗ ҰШУ АППАРАТТАРЫ МЕН ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ КӨМЕГІМЕН ТАЛДАУ.....	12
С.Т. Ахметова, С.У. Исмаилов, А.А. Батырбеков, А.С. Исмаилова ЖҮРГІЗУШІСІЗ ӘМБЕБАП ЕГІН ЕГЕТІН ТРАКТОРДЫҢ ВИРТУАЛДЫ 3D МОДЕЛІН ҚҰРУДЫҢ АЛҒЫ ШАРТТАРЫ.....	33
А. Бекарыстанқызы, О. Мамырбаев, Д. Оралбекова, А. Еримбетова, М. Тұрдалыұлы CONFORMER ШИФРЛАУШЫСЫН ҚОЛДАНЫП ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕ АУДИО- МӘТІН ТҮРІНДЕ ЖИНАЛҒАН МӘЛІМЕТТЕР ҚОРЫН СЫНАУ.....	50
Г.Т. Бекманова, М.А. Кантуреева, А.С. Омарбекова, Б. Ж. Ергеш, А.Б. Закирова ЖОҒАРЫ БІЛІМ БЕРУДЕ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТТІ ҚОЛДАНУ ЖӘНЕ ӘСЕРІН БАҒАЛАУ.....	61
Н.С. Есмұхамедов, С. Сапақова, Сайд Абдул Рахман Әл-Хаддад, Д. Даниярова, МЕДИЦИНАЛЫҚ МЕКЕМЕЛЕРГЕ АРНАЛҒАН ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТТІ ҚОЛДАНАТЫН АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕ АРХИТЕКТУРАСЫН ӘЗІРЛЕУ.....	74
Т. Жукабаева, В. Десницкий, Е. Марленов, Н. Карабаев ПОТ-ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК ИНЦИДЕНТТЕРІН ШЕТКІ ЕСЕПТЕУЛЕРДІ ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП БАСҚАРУ.....	91
М.А. Ілесбай, Ә.Б. Тынымбаев, С.Т. Мамбетов, А.Ш. Баракова, О.К. Джолдасбаев ДЕРЕКТЕРДІ СЫҒУ, ШИФРЛАУ ЖӘНЕ БӨЛУ НЕГІЗІНДЕ АҚПАРАТТЫ ҚОРҒАУДЫҢ БІРІКТІРІЛГЕН ӘДІСІ.....	107
Б.А. Карибаев, Н. Мейрамбекұлы, М. Ибраим, А.С. Байкенов, Г.Б. Ихсан CUBESAT ҮШІН АЛТЫ ЭЛЕМЕНТТІ S-ДИАПАЗОНДЫ АНТЕННА ТОРЫН ЖОБАЛАУ.....	125
Н.Т. Карымсакова, К.А. Ожикенов, М.Е. Болысбек, Р.Н. Бейсембекова МЕДИЦИНАЛЫҚ ОҢАЛТУ ПЛАТФОРМА АРХИТЕКТУРАСЫ.....	140

Д. Қуанышбай, А. Шойынбек, К. Раббани, А. Мұхаметжанов, Б. Мералиев
СӨЙЛЕУ АРҚЫЛЫ ДЕПРЕССИЯНЫ ТАҢУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ
ОҚЫТУ МЕН КҮШЕЙТУ АРҚЫЛЫ ОҚЫТУДЫ САЛЫСТЫРУ.....155

**Е.А. Нысанов, Ж.С. Кемельбекова, Э.Т. Абдрашова, С.Ж. Куракбаева,
А.О. Байдибекова**
АЙНЫМАЛЫ КОНЦЕНТРАЦИЯЛЫ ҮШ ФАЗАЛЫ ОРТАЛАРДЫҢ
АҒЫНЫН МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ЕСЕПТЕУ.....169

Б. Оразбаев, Ж. Кужуханова, К. Оразбаева, А. Кишубаева
МҰНАЙДЫ БАСТАПҚЫ ӨНДЕУ КЕЗІНДЕ АТМОСФЕРАЛЫҚ
ЖӘНЕРЕТИФИКАЦИЯЛЫҚКОЛОНОЛАРЫНЫҢ МОДЕЛЬДЕРІН
ӘЗІРЛЕУ.....181

Д. Рахимова, А. Сарсенбаева, Ә. Турарбек, Ә. Ауезова
КӨП ТІЛДІ СҰРАҚ-ЖАУАП ЖҮЙЕЛЕРІНДЕ ЖАУАПТАРДЫҢ
ДӘЛДІГІН АРТТЫРУ ҮШІН ТЕРЕҢ ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАНУ.....196

Л. Рзаева, Д. Поголовкин, А.Мырзатай
ЦИФРЛЫҚ КРИМИНАЛИСТИКА ҮШІН NLP НЕГІЗІНДЕГІ МОДУЛЬДІК
ХАТ АЛМАСУДЫ ТАЛДАУ ҚЫЗМЕТІН ӘЗІРЛЕУ.....212

А.Т. Санкибаев, И. Махамбаева, К. Канибайқызы, А. Темирбек
ТЕРБЕЛІСТЕР ҮДЕРІСІН WOLFRAM MATHEMATICA ЖҮЙЕСІНДЕ
МОДЕЛДЕУ.....234

Н.М. Темирбеков, А.К. Тураров
МҰНАЙ ӨНДІРУДІҢ ГАЗЛИФТТІК ПРОЦЕСІНІҢ ТУРА ЖӘНЕ КЕРІ
ЕСЕПТЕРІН ТҮЙІНДЕС ТЕҢДЕУЛЕР ӘДІСІМЕН САНДЫҚ ШЕШУ.....251

З. Утемаганбетов, Х. Рамазанова, К. Бижанова, Р. Асылбаева
БІРӨЛШЕМДІ ДИФфуЗИЯ ТЕҢДЕУІ ҮШІН ШЕКАРАЛЫҚ
ШАРТТАРДЫ КӨШІРУДІҢ АНАЛИТИКАЛЫҚ-САНДЫҚ ӘДІСІ.....280

М. Хизирова, К. Чежимбаева, А. Касимов, М. Ермекбаев
VANET ЖЕЛІЛЕРІНДЕ ТАРАТУ ТРАФИГІН ЖӘНЕ ТАРАТУ
ӘДІСТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....294

К. Якунин, Д. Құсайын, Равиль И. Мухамедиев, Н. Юничева, Н. Кульдеев
ҰШУ МАРШРУТТАРЫН ЖОСПАРЛАУ БАҒДАРЛАМАЛАРЫ МЕН
ҰШҚЫШСЫЗ ҰШУ АППАРАТТАРЫН БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІН
ҰШТАСТЫРУ.....317

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

О. Ауелбеков, Е. Бостанов, Р. Беркутбаева, А. Сейдилдаева, И. Мусабекова АНАЛИЗ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ УРОЖАЙНОСТИ В КАЗАХСТАНЕ С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ИИ.....	12
С.Т. Ахметова, С.У. Исмаилов, А.А. Батырбеков, А.С. Исмаилова ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ 3D МОДЕЛИ БЕСПИЛОТНОГО УНИВЕРСАЛЬНОГО ПРОПАШНОГО ТРАКТОРА.....	33
А. Бекарыстанкызы, О. Мамырбаев, Д. Оралбекова, А. Еримбетова, М. Турдалыулы ТЕСТИРОВАНИЕ КОРПУСА ДАННЫХ В ВИДЕ АУДИО-ТЕКСТ НА КАЗАХСКОМ ЯЗЫКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CONFORMER	50
Г.Т. Бекманова, М.А. Кантуреева, А.С. Омарбекова, Б.Ж. Ергеш, А.Б. Закирова ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ.....	61
Н.С. Есмухамедов, С. Сапакова, Сайед Абдул Рахман Аль-Хаддад, Д. Даниярова РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	74
Т. Жукабаева, В. Десницкий, Е. Марденов, Н. Карабаев УПРАВЛЕНИЕ ИНЦИДЕНТАМИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ПОТ-СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАНИЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ.....	92
М.А. Илесбай, А.Б. Тынымбаев, С.Т. Мамбетов, А.Ш. Баракова, О.К. Джолдасбаев ИНТЕГРИРОВАННЫЙ МЕТОД ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ СЖАТИЯ, ШИФРОВАНИЯ И РАЗДЕЛЕНИЯ ДАННЫХ.....	107

Б.А. Каримаев, Н. Мейрамбекулы, М. Ибраим, А.С. Байкенов, Г.Б. Ихсан ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШЕСТИЭЛЕМЕНТНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ S-ДИАПАЗОНА ДЛЯ CUBESAT.....	125
Н.Т. Карымсакова К.А. Ожикенов, М.Е. Болысбек, Р.Н. Бейсембекова АРХИТЕКТУРА ПЛАТФОРМЫ МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ.....	140
Д. Куанышбай, А. Шойынбек, К. Раббани, А. Бекарыстанкызы, А. Мухаметжанов СРАВНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ДЕПРЕССИИ ПО РЕЧИ.....	155
Е.А. Нысанов, Ж.С. Кемельбекова, Э.Т. Абдрашова, С.Ж. Куракбаева, А.О. Байдибекова МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ТЕЧЕНИЯ ТРЕХФАЗНЫХ СРЕД С ПЕРЕМЕННЫМИ КОНЦЕНТРАЦИЯМИ.....	169
Б. Оразбаев, Ж. Кужуханова, К. Оразбаева, А. Кишубаева РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ АТМОСФЕРНЫХ И РЕКТИФИКАЦИОННЫХ КОЛОНН ПРИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ НЕФТИ.....	181
Д. Рахимова, А. Сарсенбаева, А. Турарбек, А. Ауезова ПРИМЕНЕНИЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОТВЕТОВ В МУЛЬТИЯЗЫЧНЫХ ВОПРОСНО-ОТВЕТНЫХ СИСТЕМАХ.....	196
Л. Рзаева, Д. Поголовкин, А. Мырзатай РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНОГО СЕРВИСА АНАЛИЗА ПЕРЕПИСОК НА ОСНОВЕ NLP ДЛЯ ЦИФРОВОЙ КРИМИНАЛИСТИКИ.....	212
А.Т. Санкибаев, И. Махамбаева, К. Канибайкызы, А. Темирбек МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИБРАЦИОННОГО ПРОЦЕССА В СИСТЕМЕ WOLFRAM MATHEMATICA.....	234
Н.М. Темирбеков, А.К. Тураров ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ГАЗЛИФТНОГО ПРОЦЕССА ДОБЫЧИ НЕФТИ МЕТОДОМ СОПРЯЖЕННЫХ УРАВНЕНИЙ.....	251

З. Утемаганбетов, Х. Рамазанова, К. Бижанова, Р. Асылбаева АНАЛИТИКО-ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД ПЕРЕНОСА КРАЕВЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ ОДНОМЕРНОГО УРАВНЕНИЯ ДИФФУЗИИ.....	280
М. Хизирова, К. Чежимбаева, А. Касимов, М. Ермекбаев ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАФИКА И МЕТОДОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В СЕТЯХ VANET.....	294
К. Якунин, Д. Кусайын, Р.И. Мухамедиев, Н. Юничева, Н. Кульдеев СОПРЯЖЕНИЕ ПРОГРАММ ПЛАНИРОВАНИЯ МАРШРУТОВ ПОЛЕТА И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	317

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

ISSN 1991-346X

Volume 2. Number 354 (2025). 181–195

<https://doi.org/10.32014/2025.2518-1726.352>

UDC 665.63:519.816

© **B. Orazbaev¹, Z. Kuzhukhanova^{1*}, K. Orazbaeva², A. Kishubaeva¹, 2025.**

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Republic of Kazakhstan;

²Esil University, Astana, Kazakhstan.

E-mail: kuzhuhanova-zhad@mail.ru

DEVELOPMENT OF MODELS OF ATMOSPHERIC AND RECTIFICATION COLUMNS IN PRIMARY OIL REFINING

B. Orazbayev — 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, Astana, Kazakhstan,

E-mail: batyr_o@mail.ru, ORCID: ID 0000- 0003-2109-6999;

Z.A. Kuzhukhanova — PhD student, Department of System Analysis and Management, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,

E-mail: kuzhuhanova-zhad@mail.ru, ORCID ID :<https://orcid.org/0009-0001-8589-0561>;

K.N. Orazbaeva — Doctor of Technical Sciences, Professor, Esil University, Astana, Kazakhstan, E-mail: kulman_o@mail.ru, ORCID ID :<https://orcid.org/0000-0002-1741-7553>;

A. Kishubaeva — Senior Lecturer, Department of System Analysis and Management, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,

E-mail: altynai_999@mail.ru, ORCID ID :<https://orcid.org/0009-0004-1125-8696>.

Abstract. The present time requires application of effective scientific approaches and modern tools, particularly mathematical models and computer technologies, obtain high-quality petroleum products and ensure environmental safety in the processes of primary oil refining. In this regard, aim and objectives of this work are to develop control models that allow for management of operating modes main atmospheric distillation unit, based on available statistical data, experimental and regression approaches, and MATLAB system on a computer. *Results.* The operating modes of main columns K1 and K2 atmospheric distillation unit for primary oil refining have been studied, and data necessary for constructing their models through experiments have been compiled and processed. -based on data and information obtained during research, structures and unknown parameters mathematical models rectification and atmospheric columns K1 and K2 are identified. - main products atmospheric distillation unit obtained as a result of modeling based on developed models — volumes of gasoline, kerosene, and fuel oil — are compared with their actual values using MATLAB system, and adequacy of created models is confirmed. *Scientific novelty.* The operating modes of main columns K1 and K2 of

atmospheric distillation unit for primary oil refining are studied, and mathematical models are identified to determine volumes of petroleum products they produce. *Practical value.* The developed model makes it possible to obtain greater quantity desired products while simultaneously reducing energy consumption, demonstrating its efficiency compared to well-known deterministic model.

Keywords: Atmospheric column, distillation column, primary oil refining plant, petroleum products, gasoline distillation

© Б. Оразбаев¹, Ж. Кужуханова^{1*}, К. Оразбаева², А. Кишубаева¹, 2025.

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университеті, Астана, Қазақстан;

²Esil University, Астана, Қазақстан.

E-mail:kuzhuhanova-zhad@mail.ru

МҰНАЙДЫ БАСТАПҚЫ ӨНДЕУ КЕЗІНДЕ АТМОСФЕРАЛЫҚ ЖӘНЕРЕТИФИКАЦИЯЛЫҚ КОЛОННАЛАРЫНЫҢ МОДЕЛЬДЕРІН ӨЗІРЛЕУ

Б. Оразбаев — техника ғылымдарының докторы, ҚР Инженерлік академиясының академигі, Жүйелік талдау және басқару кафедрасының профессоры, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,

E-mail: batyr_o@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2109- 6999;

Ж. Кужуханова — докторант, Л.Н. Гумилев Атындағы Еуразия ұлттық университеті, Ақпараттық технологиялар факультеті, Жүйелік талдау және басқару кафедрасының докторанты, Астана, Қазақстан,

E-mail: kuzhuhanova-zhad@mail.ru, ORCID ID :<https://orcid.org/0009-0001-8589-0561>;

К.Оразбаева — техника ғылымдарының докторы, профессор, Esil University, Астана, Қазақстан,

E-mail: kulman_o@mail.ru, ORCID ID :<https://orcid.org/0000-0002-1741-7553>;

А. Кишубаева — Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Жүйелік талдау және басқару кафедрасының аға оқытушысы, Астана, Қазақстан,

E-mail: altynai_999@mail.ru, ORCID ID :<https://orcid.org/0009-0004-1125-8696>.

Аннотация. Қазіргі уақыт мұнайды бастапқы өңдеу процестерінде қажетті де сапалы мұнай өнімдерін алу және экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін тиімді ғылыми тәсілдер мен заманауи құралдарды, атап айтқанда математикалық модельдер мен компьютерлік технологияны қолдануды талап етеді. Осыған байланысты бұл жұмыстың мақсаты мен міндеттері қолжетімді статистикалық деректер, эксперименталдық, регрессиялық тәсілдер мен компьютерде MATLAB жүйесі негізінде атмосфералық блоктың негізгі колонналарының жұмыс режимдерін басқаруға мүмкіндік беретін басқару модельдерін құру. Эксперименталдық-статистикалық тәсілдер арқылы алынған деректер мен регрессорларды тізбектей қосу тәсілі негізінде атмосфералық блоктың ректификалық және атмосфералық колонналарының модельдерінің құрылымы идентификацияланған. Нәтижелері. Мұнайды бастапқы өңдеу қондырғысы атмосфералық блогының негізгі К1 және К2 колонналарының жұмыс режимдері зерттеліп, эксперименттер арқылы олардың модельдерін

құруға қажетті деректер жинақталып, өңделген; – зерттеу барысында алынған деректер, ақпарат негізінде K1 ректификациялық және K2 атмосфералық колонналарының математикалық модельдерінің құрылымдары мен белгісіз параметрлері идентификацияланған; – әзірленген модельдер негізінде модельдеу нәтижесінде алынған атмосфералық блогтың негізгі өнімдері: бензин, керосин, мазут көлемдері мәндері MATLAB жүйесі көмегімен олардың шынайы мәндерімен салыстырылып, құрылған модельдердің тиімділігі дәлелденген; Ғылыми жаңалығы. Мұнайды бастапқы өңдеу қондырғысы атмосфералық блогының негізгі K1 және K2 колонналарының жұмыс режимдері зерттеліп, олар өндірілетін мұнай өнімдері көлемін анықтайтын математикалық модельдері идентификацияланған. Практикалық құндылық. Әзірленген модель энергия шығынын азайта отырып, көбірек қажетті өнім алуға мүмкіндік береді, бұл оларды белгілі детерминирленген модельмен салыстырғанда тиімдірек екенін дәлелдейді.

Түйін сөздер: атмосфералық колонна, ректификациялық колонна, бастапқы мұнай өңдеу қондырғысы, мұнай өнімдері, бензинді ректификациялау

© Б. Оразбаев¹, Ж. Кузхуанова^{1*}, К. Оразбаева², А. Кишубаева¹, 2025.

¹Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,

Астана, Казахстан;

²Esil University, Астана, Казахстан.

E-mail:kuzhuanova-zhad@mail.ru

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ АТМОСФЕРНЫХ И РЕКТИФИКАЦИОННЫХ КОЛОНН ПРИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ НЕФТИ

Б. Оразбаев — академик Инженерной академии РК, профессор кафедры Системного анализа и управления, Евразийский национальный университет им.Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, E-mail: batyr_o@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2109-6999;

Ж. Кузхуанова — докторантка кафедры Системного анализа и управления, Евразийский национальный университет им.Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, E-mail: kuzhuanova-zhad@mail.ru, ORCIDID :<https://orcid.org/0009-0001-8589-0561>;

К.Оразбаева — доктор технических наук, профессор, EsilUniversity, Астана, Казахстан, E-mail: kulman_o@mail.ru, ORCIDID:<https://orcid.org/0000-0002-1741-7553>;

А.Кишубаева — старший преподаватель кафедры Системного анализа и управления, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, E-mail: altynai_999@mail.ru, ORCIDID:<https://orcid.org/0009-0004-1125-8696>.

Аннотация. Настоящее время требует применения эффективных научных подходов и современных средств, в частности математических моделей и компьютерных технологий, для получения необходимых и качественных нефтепродуктов и обеспечения экологической безопасности в процессах первичной переработки нефти. В связи с этим целью и задачами данной работы является создание моделей управления, позволяющих управлять

режимами работы основных колонн атмосферного блока на основе имеющихся статистических данных, экспериментальных, регрессионных подходов и системы MATLAB на компьютере. На основе данных, полученных экспериментально-статистическим подходом, способа последовательного соединения регрессоров идентифицируется структура моделей ректификационных и атмосферных колонн атмосферного блока. Результаты. Изучены режимы работы основных колонн K1 и K2 атмосферного блока установки первичной переработки нефти, обобщены и обработаны данные, необходимые для построения их моделей с помощью экспериментов; -на основе данных, информации, полученных в ходе исследования, идентифицируются структуры и неизвестные параметры математических моделей ректификационных и атмосферных колонн K1 и K2; -основные продукты атмосферного блока, полученные в результате моделирования на основе разработанных моделей: значения объемов бензина, керосина и мазута сравниваются их истинными значениями с помощью системы MATLAB и доказана адекватность созданных моделей. Научная новизна. Изучаются режимы работы основных колонн K1 и K2 атмосферного блока установки первичной переработки нефти, идентифицируются математические модели, определяющие объем производимых ими нефтепродуктов. Практическая ценность. Разработанная модель позволяет получать больше необходимых продуктов при одновременном снижении расхода энергии, что доказывает их эффективность по сравнению известной детерминированной моделью.

Ключевые слова: атмосферная колонна, ректификационная колонна, завод первичной переработки нефти, нефтепродукты, ректификация бензина

Кіріспе. Мұнай өндеу өндірісін дамытудың қазіргі кезеңі озық технологияларды қолдануға көшумен, жабдықтың жоғары пайдалану сипаттамаларына қол жеткізуге және кез келген өндірістік шығындарды азайтуға ұмтылумен сипатталады. Қазіргі уақытта мұнай өндеудің технологиялық жүйелерінің тиімділігін арттырудың ең тиімді және перспективалы құралы олардың математикалық модельдеріне негізделген заманауи басқару жүйелері болып табылады. Бүгінгі таңда мұнай өндеу саласы кез-келген елдің экономикасын дамытудың негізі болып табылады, мұнай өндеу процестерінің модельдері негізінде басқару жүйелерін әзірлеу және енгізу мәселелерін зерттеу ғылым мен мұнай өндеу технологиясының өте өзекті міндеті болып табылады.

Мұнай өндеу қондырғысының өзара байланысты технологиялық қондырғыларының математикалық модельдерін синтездеу кезінде оларда болып жатқан процестерді басқару жүйелері үшін қол жетімді ақпараттар мәнінің ықтималдық сипатына байланысты анықсыздық мәселелері туындайды. Мұнай өндеудің технологиялық процестерінің ішінде мұнайды алғашқы өндеу технологиялық процесін қарастырамыз.

Мұнайды бастапқы өңдеу негізінен атмосфералық және ректификациялық колонналарды қолдану арқылы жүзеге асырылады. Бұл колонналар мұнайды құрамындағы әртүрлі компоненттердің қайнау температурасына сәйкес бөлуге мүмкіндік береді. Атмосфералық колонна мұнайды алғашқы фракцияларға – бензин, керосин, дизель және мазутқа бөлсе, ректификациялық колонналар осы фракцияларды әрі қарай тазарту мен нақтыландыру үшін қолданылады (Kapustin, et al., 2008, Kudryavtsev, et al., 2010).

Өндіріс тиімділігін арттыру мақсатында мұнайды бастапқы өңдеуде атмосфералық блоктың негізгі колонналарының жұмысын математикалық модельдеу үлкен маңызға ие. Модельдер компьютер негізінде мұнайды бастапқы өңдеу процесін сандық түрде сипаттап, технологиялық жабдықтардың жұмысын оңтайландыруға, энергия шығындарын азайтуға және өндіріс өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, компьютерлік модельдеу нәтижелері мұнай өңдеу зауыттарының жұмысын қауіпсіз және экономикалық тұрғыдан тиімді етудің негізі болып табылады.

Атмосфералық және ректификациялық колонналардың математикалық модельдерін әзірлеу инженерия мен ғылымның қиылысында жатқан өзекті міндеттердің бірі. Бұл бағытты зерттеу тек технологиялық процестерді оңтайландыруға ғана емес, сонымен қатар мұнай өңдеу өндірісінің экономикалық, экологиялық көрсеткіштерін жақсартуға да ықпал етеді. Осыған байланысты, атмосфералық және ректификациялық колонналардың модельдерін әзірлеу мұнайды бастапқы өңдеу саласының өзекті мәселелерін шешудегі негізгі тиімді құрал ретінде қарастырылады (Kosareva, et al., 2022, Vasiliev, et al., 2014).

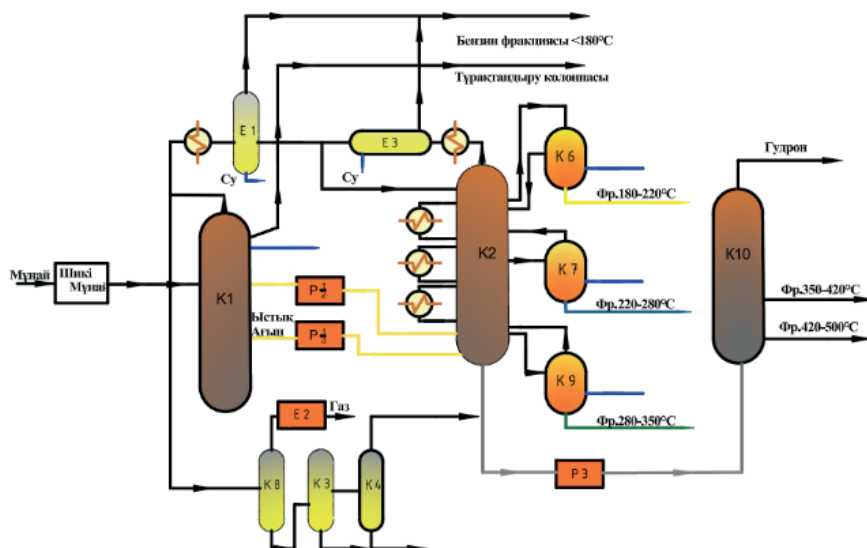
Мұнайды бастапқы өңдеу қондырғысының жұмысын талдау дәстүрлі реттегіштер негізінде құрылған қолданыстағы жергілікті автоматты реттеу жүйелері (Anisimov, 2023, Kosareva, et al., 2022, Speight, 2017) оның режимдік параметрлерін басқарудың қажетті сапасын толықтай қамтамасыз ете алмайтынын көрсетеді. Ал белгілі микро компьютерлер негізінде жүзеге асырылған детерминдік басқару жүйелері тәжірибелік сынақтардың нәтижелері мұнай өңдеу процестерін басқаруының тиімділігі мен сенімділігінің төмен екендігі анықталды (Besekersky, et al., 2021; Drozdov, et al., 2022). Сондықтан шешім қабылдаушы тұлға (ШҚТ) сарапшылардың білімі мен тәжірибесі болып табылатын айқын емес ақпарат негізінде мұнайды бастапқы өңдеу қондырғысының тиімді жұмыс режимін таңдау бойынша шешім қабылдау жүйесін эвристикалық тәсілдер негізінде құру қажеттігі туындайды (Orazbayev, et al., 2023).

Мұнайды бастапқы өңдеу қондырғысының технологиялық агрегаттарының математикалық модельдерін құру үшін бұл зерттеуде регрессиялық талдау, ререссорларды тізбектей қосу тәсілдері мен эксперименталдық-статистикалық деректер, сондай-ақ сараптамалық бағалау мен айқын емес жиындар теориясы тәсілдері қолданылады. Мұнайды алғашқы өңдеу

технологиялық процесстері өз ара байланысқан электротүзсыздандыру, атфосфералық және газреагенттік блоктарында өтеді. Мұнайды бастапқы өңдеу қондырғысының негізгі технологиялық блоктарының бірі атмосфералық блок болып болып табылады. Бұл блокта мұнайды алғашқы өңдеу процесстерінің негізгі өнімдері; бензиннің түрлі фракциялары; керосин $-180-220^{\circ}\text{C}$ фракциясы; жеңіл дизель $-220-280^{\circ}\text{C}$ фракциясы, ауыр дизель $280-350^{\circ}\text{C}$ фракциялары алынады (Yasyan, et al., 2020, Jones, et al., 2019). Атмосфералық блоктың тиімді жұмыс режимдері мұнайдың фракциялық құрамына, ондағы бензин мен газ фракциялары үлесіне және блоктың негізгі агрегаттары мұнайдан бензинді айыру ректификациялық К-1 және атмосфералық К-2 колонналары кіріс, режимдік параметрлері мәндеріне байланысты болады. Сондықтан атмосфералық блоктың тиімді жұмыс режимдерін компьютерлік модельдеу арқылы анықтау үшін аталған колонналардыңшығыстарынан алынатын өнімдер көлемі мен сапасын, олардың кіріс, режимдерін параметрлеріне байланысын сипаттайтын математикалық модельдерін құру қажет болады.

Мұнайды алғашқы өңдеу технологиялық процесстері өз ара байланысқан электротүзсыздандыру, атфосфералық және газреагенттік блоктарында өтеді (Sulejmenov, et al., 2019). Мұнайды алғашқы өңдеу қондырғысының атмосфералық блогында бензин фракциялары, дизельдік отын, мазут және көмірсутекті газдар өндіріледі. Мұнай өңдеу өндірісінде мұнайды алғашқы өңдеу процесстерінің тиімділігі мұнайды терең өңдеу мен мұнай химиясы өндірістері сапасына тікелей әсер ететіді (Arabov, et al., 2022). Сондықтан қазіргі таңда мұнайды алғашқы өңдеудегі атмосфералық блоктың модельдерін құрып, оптимизациялау аса өзекті ғылыми-практикалық мәселе болып жатады. Бұл жұмыс мұнайды бастапқы өңдеудің аталған өзекті мәселелерін күрделі болып табылатын ректификациялық және атмосферақ колонналардың жұмыс режимін адекватты модельдеуді қамтамасыз ететін модельдерін құрып, олардың негізінде мұнайды алғашқы өңдеу процессін оптимизацияу сұрақтарын зерттеуе және шешуге арналған.

Материалдар мен әдістер. Зерттеу материалдары — технологиялық схема және мұнайды бастапқы өңдеу қондырғысының негізгі агрегаты болып табылатын ректификациялық К-1 және атмосфералық К-2 колонналарының математикалық модельдерін әзірлеу мәселелерін шешу бойынша зерттеу нәтижелері болып табылады. Ректификациялық К-1 және атмосфералық К-2 колонналарының параметрлік мәндерін есептеу үшін Curve Fitting Tool программалар пакеті қолданылған. Мұнайды бастапқы өңдеуді орнатудың жеңілдетілген технологиялық схемасы сурет 1-де көрсетілген.



Сурет 1. Мұнайды алғашқы өңдеу қондырғысы атмосфералық блогының технологиялық схемасы

Мұнда келтірілген технологиялық схемаға сәйкес мұнайды бастапқы өңдеу процесінің сипаттамасы келтірілген. Шикі мұнай жылу алмастырғыштар арқылы өтіп, ЭТҚ блогының 1-ші және 2-ші сатыларындағы электродегидраторларға түседі, содан кейін қайтадан жылу алмастырғыштардан өтіп, мұнай бензинінің ректификациялық К-1 колоннасына түседі. Р1/2 және Р1/3 пештерінде қыздырылған бензинді атмосфералық К-2 колоннасына беріледі. 120–180; 180–240; 240–290°C фракцияларын іріктеу үшін оларды К6, К7, К9 бу колонналарына өткізу қарастырылған. Атмосфералық К2 колоннасынан К10 вакуумдық колоннасына түседі, алдын ала Р3 пешінде қызады. К8 колоннасында салқындағаннан кейін газ Е 2 сепараторына түседі, соңғысынан газ басы шығарылады. Бензинді ректификациялау К4 колонналарында жүзеге асырылады, онда сәйкесінше К3 колоннасында 62–85 және 85–120°C фракциялары алынады (Serikov., et al. 2018).

Мұнайды бастапқы өңдеу қондырғысын пайдалануды талдау нәтижесінде қолданыстағы жергілікті автоматты реттеу жүйелері, атмосфералық колонналардың режимдік параметрлерін басқарудың қажетті сапасын қамтамасыз етпейтіні анықталды.

Жұмыстағы зерттеу материалдары:

-алғашқы өңдеу қондырғысы атмосфералық блогының технологиялық схемасы және оның сипаттамасы;

-Атырау мұнай өңдеу заводы ЭТ-АТ қондырғысының технологиялық регламентінде келтірілген деректер мен ақпараттар;

-зерттеу объектісінде өндірілетін мұнай өнімдерінің құрамын, көрсет-

кіштерін талдау бойынша орталық зауыт зертханасынан алынған деректер, ақпараттар.

Мұнайды бастапқы өңдеу процестерін басқарудың тиімділігін арттыру үшін мұнайды бастапқы өңдеу қондырғыларының жұмыс режимдерін зерттеу қажеттілігі туындайды. Оның ішінде мұнайды бастапқы өңдеу қондырғысы атмосфералық блогының негізгі K1 және K2 колонналарының жұмыс режимдерін зерттеп, өзара өндірілетін мұнай өнімдері көлемін анықтайтын математикалық модельдері идентификациялау. Осы зерттеулерге қол жеткізу үшін модельдерді регрессиялық талдау тәсілдері, эксперименттік-статистикалық, ықтималдық тәсілдер(Zhao, et al. 2012), математикалық модельдердің құрылымдық, параметрлік идентификациялау және ең кіші квадраттарды дәйекті түрде қосу тәсілдері пайдаланылады(Valeev, et al., 2017).

Нәтижелер және оларды талқылау. Жүргізілген зерттеулер мен регрессорларды тізбектей қосу тәсілін модификациялау негізінде бензиннің (y_1), керосиннің (y_2) және мазуттың (y_3) кіріс режим параметрлерінен (x_1, x_2, x_3) тәуелділігін сипаттайтын ректификациялық колоннаның математикалық модельдерінің құрылымы келесі бейсызықты, регрессиялық теңдеу ретінде идентификацияланған:

$$y_j = a_0 + \sum_{i=1}^3 a_i x_i + \sum_{i=1}^3 \sum_{k=1}^3 a_{ik} x_i x_k + \dots, j = \overline{1,3}, \quad (1)$$

мұндағы $y_j, j = \overline{1,3}$, сәйкесінше: K1 ректификациялық колоннасы шығысындағы бензин, керосин және мазуттың көлемі; $x_i, i = \overline{1,3}$ – K1 кіріс параметрлері, яғни шикізат көлемі; қысым және температура; a_0, a_i және a_{ik} – параметрлік идентификацияланатын белгісіз регрессиялық коэффициенттер, сәйкесінше: (1) регрессиялық моделдің сызықтық және сызықтық емес бөлігіндегі коэффициенттер.

Ректификациялық колоннаның кіріс, режим параметрлері мен оларға сәйкес келетін шығыс параметрінің (бензиннің) статистикалық деректері жинақталып, MATLAB жүйесі көмегімен (1) моделінің параметрлері идентификацияланған. Идентификацияланған регрессия коэффициенттері және y_1 болжамды мәндері 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1. Кіріс және шығыс деректерінің тәуелділік мәндері және K1 колоннасынан бензинді анықтау моделін параметрлік сәйкестендіру нәтижелері және болжамды модельдің нәтижесі

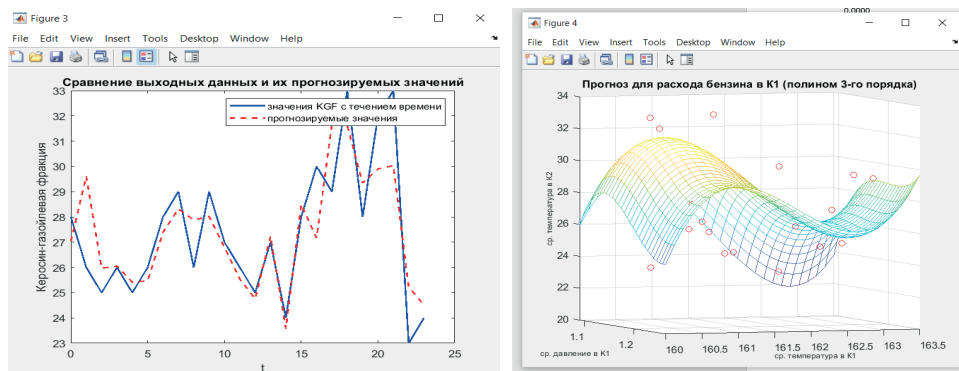
Кіріс режим параметрлері				Шығыс параметрі, оның моделі бойынша алынған мәні және регрессия коэффициенттері		
№	x_1 , қысым	x_2 , температура	x_3 , температура	бензин с K1	y predicted	Regression coefficients
1	1,05	197	168	28	27.03	0.1778

2	1,03	196	168	26	29.61	0.0163
3	1,08	198	170	25	25.96	0.1086
4	1,03	198	171	26	26.05	0.0068
5	1,05	199	172	25	25.41	-0.0150
6	1,04	199	172	26	25.47	-0.0007
7	1,04	200	172	28	27.39	-0.0000
8	1,04	200	172	29	28.33	0.0000
9	1,05	200	173	26	27.87	-0.0000
10	1,00	199	172	29	28.01	-0.0000
11	1,03	198	171	27	26.8	0.000
12	1,07	194	169	26	25.53	0.0000
13	1,05	197	168	25	24.75	0.0000
14	1,03	196	168	27	27.23	0.1778
15	1,08	198	170	24	23.57	0.0163
16	1,03	198	171	28	28.49	0.1086
17	1,05	199	172	30	27.16	0.0068
18	1,04	199	172	29	31.67	-0.0150
19	1,04	200	172	33	31.61	-0.0007
20	1,04	200	172	28	29.34	-0.0000
21	1,05	200	173	32	29.89	0.0000
22	1,00	199	172	33	30.03	-0.0000
23	1,03	198	171	23	25.22	-0.0000
24	1,07	194	169	24	24.49	0.0042

1-кестедегі мәліметтерге сүйене отырып, кіріс және режим параметрлеріне байланысты бензиннің шығысын анықтауға арналған модельдің соңғы формасын келесідей жазуға болады:

$$y_1 = 0.177x_2^2 + 0.016x_3^2 + 0.108x_1x_2 - 0.015x_1x_3 - 0.007x_2x_3 + 0.177x_1^3 + 0.016x_2^3 + 0.108x_3^3 + 0.006x_1^2x_2 - 0.015x_1^2x_3 - 0.007x_2^2x_3 + 0.0042x_1x_2^2. \quad (2)$$

Төменде 2-суретте бензиннің шығысы бойынша нақты және модельдік деректерді салыстыру графигі, ал 3-суретте бензин көлемінің К2 атмосфералық колоннасы температурасы мен қысымына тәуелділігін көрсететін графиктер келтірілген.



Сурет 2. Бензиннің нақты деректерін және олардың болжамды мәндерін салыстыру

Сурет 3. К1 шығысындағы бензин ағымы мөлшерінің К1 қысымы мен К2 температурасының орташа мәндеріне тәуелділігі

Кіріс, режим параметрлері мәндерінің және оларға сәйкес келетін керосин мәндерінің жиналған статистикалық деректері, сондай-ақ анықталған регрессия коэффициенттері және (1) модель бойынша алынған болжамды мәндері 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2.Параметрлікидентификация үшін пайдаланылатын мәліметтер және К1 колонасындағы керосиннің көлемін анықтау моделі үшін параметрлік идентификациялау нәтижелері, болжам нәтижесі

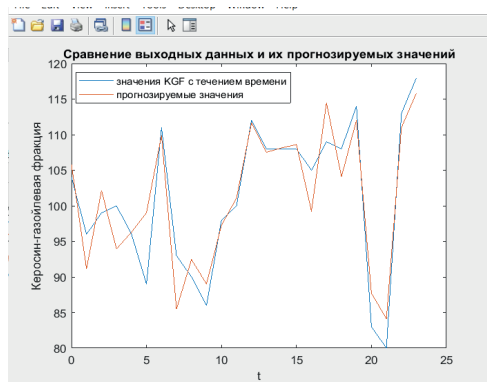
Кіріс режим параметрлері				Шығыспараметрі, оның моделі бойынша алынғанмәні және регрессия коэффициенттері		
№	x_1 , қысым	x_2 , температура	x_3 , температура	Керосин	$y_2_predicted$	Regression coefficients
1	1,05	197	368	104	105.75	0
2	1,03	196	368	96	91.13	-93.7074
3	1,08	198	369	99	102.14	0
4	1,03	198	369	100	93.94	0
5	1,05	199	369	96	96.29	51.8553
6	1,04	199	370	89	99.03	-84.5666
7	1,04	200	369	90	109.91	0
8	1,04	200	369	93	85.47	0
9	1,05	200	369	90	92.45	-167.2086
10	1,00	199	369	86	89.01	53.5197
11	1,03	198	369	98	97.26	197.5460
12	1,07	194	369	100	101.07	0
13	1,05	197	369	112	111.64	-0.2185

14	1,03	196	368	108	107.52	0.1413
15	1,08	198	368	108	108.13	0
16	1,03	198	368	108	108.61	0
17	1,05	199	369	105	99.25	0.6201
18	1,04	199	369	109	114.50	-0.5292
19	1,04	200	367	108	104.07	-7.5774
20	1,04	200	368	104	112.04	0
21	1,05	200	369	89	87.70	0.362
22	1,00	199	369	90	84.12	0.000
23	1,03	198	369	113	110.99	0
24	1,07	194	369	118	115.87	0.000

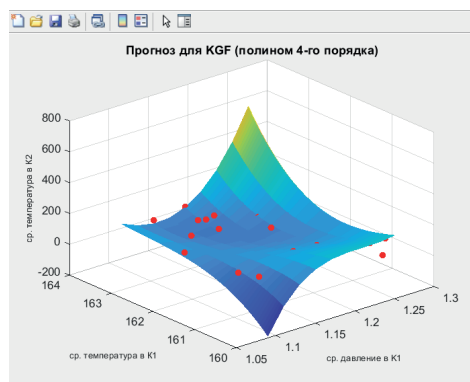
2-кестедегі мәліметтерге сүйене отырып, кіріс және режим параметрлеріне байланысты керосиннің шығысын анықтауға арналған модельдің соңғы формасын келесідей жазуға болады:

$$y_2 = -93.70x_1 + 51.85x_2 - 84.56x_3 - 167.20x_1^2 + 53.51x_2^2 + 197.5x_3^2 - 0.218x_1x_2 + 0.141x_1x_3 + 0.62x_2x_3 - 0.529x_1^3 - 7.57x_1^2x_3 + 0.362x_2^3. \quad (3)$$

Curve Fitting Tool программалар пакеті арқылы керосиннің нақты және модельдік деректерді K2-мен салыстыру үшін алынған көлемге тәуелділік графиктері 4-суретте, ал 5-суретте керосиннің K1 қысым және K2-дегі температураның орташа мәніне тәуелділігі графиктері келтірілген.



Сурет 4. Керосиннің нақты деректерін және олардың болжамды мәндерін салыстыру



Сурет 5. Керосин мөлшерінің K1 қысымы мен K2 температурасының орташа мәндеріне тәуелділігі

Кіріс, режим параметрлері мәндерінің және оларға сәйкес келетін мазут мәндерінің жиналған статистикалық деректері, сондай-ақ анықталған регрессиялық коэффициенттері және модель бойынша алынған болжамды мәндері 3-кестеде келтірілген.

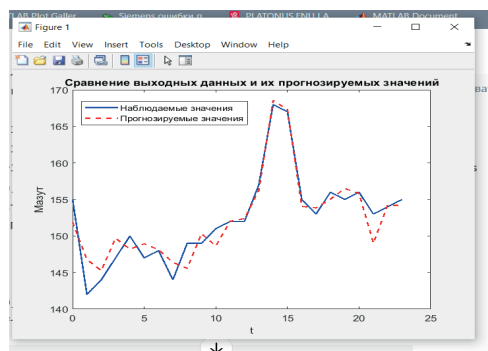
Кесте 3. Параметрлік идентификация моделі үшін пайдаланылатын мәліметтер және K1 колонасындағы мазуттың көлемін анықтау моделі үшін параметрлік идентификация нәтижелері, болжам нәтижесі

Кіріс режим параметрлері				Шығыс параметрі, оның моделі бойынша алынған мәні және регрессия коэффициенттері		
№	x_1 , қысым	x_2 , температур	x_3 , температура	Мазут	y_3 predicted	Regression coefficients
1	1,05	197	368	155	151.86	0
2	1,03	196	368	142	146.8	0
3	1,08	198	369	144	145.25	1.2905
4	1,03	198	369	147	149.7	0
5	1,05	199	369	150	148.19	0
6	1,04	199	370	147	148.93	-0.0552
7	1,04	200	369	148	148.11	0.0052
8	1,04	200	369	144	146.39	0.7370
9	1,05	200	369	149	145.56	-0.9158
10	1,00	199	369	149	150.3	0.0111
11	1,03	198	369	151	148.64	1.7790
12	1,07	194	369	152	152.01	0.0000
13	1,05	197	369	152	152.37	-0.0000
14	1,03	196	368	157	156.25	-1.1481
15	1,08	198	368	159	168.55	-0.0000
16	1,03	198	368	159	167.31	0.0000
17	1,05	199	369	155	154.05	-0.0969
18	1,04	199	369	153	153.85	0.0868
19	1,04	200	367	156	155.03	-0.0000
20	1,04	200	368	155	156.5	-0.001
21	1,05	200	369	156	155.83	0.0000
22	1,00	199	369	153	149.01	0.0026
23	1,03	198	369	154	154.24	0
24	1,07	194	369	155	154.15	0

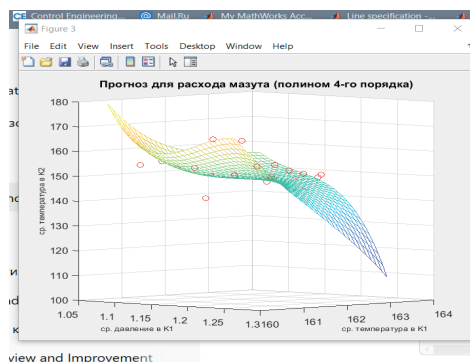
3-кестедегі мәліметтерге сүйене отырып, кіріс және режим параметрлеріне байланысты мазуттың шығысын анықтауға арналған модельдің соңғы формасын келесідей жазуға болады:

$$y_3 = 1.2905x_1 - 0.05x_2 - 0.005x_3 + 0.737x_1^2 - 0.915x_2^2 + 0.011x_3^2 + 1.779x_1x_2 - 1.148x_3 + 0.62x_2x_3 - 0.096x_1^3 + 0.868x_1^2x_3 + 0.002x_2^3. \quad (4)$$

MATLAB жүйесінде мазуттың нақты және модельдік деректерді K2-мен салыстыру үшін алынған көлемге тәуелділік графиктері 6-суретте, ал 7-суретте мазуттың K1 қысым және K2 температураның орташа мәніне тәуелділігі графиктері келтірілген.



Сурет 6. Мазуттың нақты деректерін және олардың болжамды мәндерін салыстыру



Сурет 7. Мазут мөлшерінің К1 қысымы мен К2 температурасының орташа мәндеріне тәуелділігі

3-ші, 5-ші және 7-ші суреттерде келтірілген ректификациялық К1 және атмосфералық К2 колонналарында өндірілетін мұнай өнімдерінің олардың кіріс, режимдік параметрлеріне тәуелділігін көрсететін графиктерді талдау және талқылау нәтижесін қарастырайық.

3-ші суретте келтірілген графикте К1 шығысындағы бензин көлемінің К2 температурасы және К1 қысымына тәуелділігі эксперименталдық жолмен алынған статистикалық мәліметтерге (кесте 1) сәйкес келеді.

5-ші суретте келтірілген графикте К1 шығысындағы керосин көлемінің К1 қысымы және К2 температурасына тәуелділігі эксперименталдық жолмен алынған статистикалық мәліметтерге (кесте 2) сәйкес келеді.

7-ші суретте келтірілген графикте К2 шығысындағы мазут көлемінің К1 қысымы және К2 температурасына тәуелділігі эксперименталдық жолмен алынған статистикалық мәліметтерге (кесте 3) сәйкес келеді.

Қорытынды. Бұл жұмыста мұнайды бастапқы өңдеу қондырғысы атмосфералық блогының негізгі К1 және К2 колонналарының жұмыс режимдері зерттеліп, олар өндірілетін мұнай өнімдері көлемін анықтайтын математикалық модельдері идентификацияланған. Зерттеу және математикалық модельдерді құрылымдық және параметрлік идентификациялау регрессорларды тізбектей қосу және ең кіші квадраттар тәсілдері негізінде зерттеу нәтижесінде алынған статистикалық деректерін қолдана отырып жүзеге асырылған.

Жұмыста алынған нәтижелер негізінде келесідей қорытындылар алуға болады:

- мұнайды бастапқы өңдеу қондырғысы атмосфералық блогының негізгі К1 және К2 колонналарының жұмыс режимдері зерттеліп, эксперименттер арқылы олардың модельдерін құруға қажетті деректер жинақталып, өңделген;

- зерттеу барысында алынған деректер, ақпарат негізінде К1 ректификациялық және К2 атмосфералық колонналарының математикалық модельдерінің құрылымдары мен белгісіз параметрлері идентификацияланған;

—әзірленген модельдер негізінде модельдеу нәтижесінде алынған атмосфералық блогтың негізгі өнімдері: бензин, керосин және мазут көлемдері мәндері MATLAB жүйесі көмегімен олардың шынайы мәндерімен салыстырылып, құрылған модельдердің адекваттығы дәлелденген;

—мұнайды бастапқы өңдеу қондырғысының атмосфералық блогында өндірілген мұнай өнімдерінің аталған колонналардың кіріс, режисдік параметрлеріне тәуелділіктерін көрсететін 3 өлшемді графиктері тұрғызылған. Бұл графиктердің эксперименттер нәтижесінде алынып, өңделген деректерге сәйкес келетіні негізделген.

Әдебиеттер

Анисимов И.В. Автоматическая регулировка процесса коррекции. — 3-Голова. — М.: Нефтьгаз, 2023. — 188с.

Арабов М.Ш., Арабова З.М., Арабов С.М. Процессы и аппараты для переработки нефти и газа в нефтехимии. —Москва. Издание. Лан, 2022. —250 с.

Бесекерский В.А., Изранцев В.В. Системы автоматического управления с микрокомпьютерами. — М.: Наука. 2-еизд, 2021. — 325с.

Васильев В.А. Инновационные технологии разработки нефтяных месторождений. — Москва: изд - во ЮКФУ, 2014. —124с.

Валеев С.Г. Регрессионное моделирование в обработке наблюдений, 3-е изд. — Наука: М., 2017. —272 с.

Дроздов В.Н., Мирошник И.В. Скоробский В.И. Системы автоматического управления с микрокомпьютерами. —Санкт-Петербург: машиностроение, 2022., —284 с.

Jones, D.S.J., Treese, S.A. Increasing the efficiency of primary refining of crude oil. In: Cham. 2019. — Vol. 44. — P. 114–119. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05545-9_9-1. (in English)

Косарева М.А., Стахеев С.Г., Третьякова Н.А. Основные технологии переработки нефтегазового сырья. Екатеринбург, издательство. — Урал, 2022. — 108с.

Капустин В.М. Технология нефтепереработки. — Москва: изд-во «Колосс», 2008. —334 с.

Кудрявцев В.Г., Петров А.Н. Технология переработки нефти и газа. — Саратов: Изд-во Тираж, 2010. —256 с.

Оразбаев Б., Оспанов Ы., Махатова В., Салыбек Л., Абдуғұлова З., Құлмағамбетова З., Сүлейменова С., Оразбаева Қ. Бастапқы оқу орнының тұрақтандыру бағанының жұмыс режимдерін басқару үшін анық емес көп критериялы шешім қабылдау әдістері. Тазарту қондырғысы. Математика, 2023. — Т. 11, 2820. — 120 бет. <https://doi.org/10.3390/math11132820>

Сүлейменов Е.Б., Төлеуов Ж.Н. Мұнайды бастапқы өңдеу қондырғыларының технологиялық ережесі. — Атырау, изд. AUNG, 2019. — 112 p

Speight J.G. Petroleum Refining and Environmental Control and Environmental Effects. In: Meyers, R. (eds) Encyclopedia of Sustainability Science and Technology. Springer, New York, NY. 2017. — P.1–32. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2493-6_70-3. (in English)

Серіков Т.П. Мұнай мен газды өңдеудің заманауи технологиялары мен процестері. — Алматы: Ғылым, 2018. —357б.

Zhao Zhi-Wen, Wang De-Hui. Statistical inference for generalized random coefficient autoregressive model. Mathematical and Computer Modelling, 2012. — V.56. — 166 p. (in English)

Ясян Ю.П., Асатрян А.А. Обзор технологических аспектов режима работы установки первичной переработки нефти при добыче нефтяного сырья переменной состава. Успехи современной науки, — т.4. — №4, 2020. — С.79-82.

References

- Anisimov I.V. Avtomaticheskaya regulirovka processa korrekci [Automatic regulation of the rectification process]. 3rd ed. — M.: Oil and Gas, 2023. — 188 p. (in Russian)
- Arabov M.Sh., Arabova Z.M., Arabov S.M. Processy i apparaty dlya pererabotki nefiti i gaza v neftekhimii [Processes and apparatuses for oil and gas processing in petrochemistry]. — Moscow. Publ. Lan, 2022. — 250 p. (in Russian)
- Besekersky V.A., Izrantsev V.V. Sistemy avtomaticheskogo upravleniya s mikrokompyuterami [Automatic control systems with microcomputers]. — M.: Science. 2nd ed, 2021. — 325 p. (in Russian)
- Vasiliev V.A. Innovacionnye tekhnologii razrabotki neftyanyh mestorozhdenij [Innovative technologies for oil field development]. — Moscow: Publishing House of South Kazakhstan Federal University, 2014. — 124 p.
- Valeev S.G. Regressionnoe modelirovanie v obrabotke nablyudenij [Regression Modeling in Observation Processing]. 3rd ed.; Science: — M.: 2017. — 272 p. (in Russian)
- Drozhdov V.N., Miroshnik I.V., Skorubsky V.I. Sistemy avtomaticheskogo upravleniya s mikrokompyuterami [Automatic control systems with microcomputers]. St. Petersburg: Mechanical Engineering. 2022. — 284 p. (in Russian)
- Jones, D.S.J., Treese, S.A. Increasing the efficiency of primary refining of crude oil. In: Cham. 2019. — Vol. 44. — P. 114–119. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05545-9_9-1. (in English)
- Kosareva M.A., Stakheev S.G., Tretyakova N.A. Osnovnye tekhnologii pererabotki neftegazovogo syr'ya [Basic technologies for processing oil and gas raw materials]. Ekaterinburg, publishing house. — Uralsk, 2022. — 108 p. (in Russian)
- Kapustin V.M. Tekhnologiya neftepererabotki [Oil refining technology]. Moscow: Koloss Publishing House, 2008. — 334 p. (in Russian)
- Kudryavtsev V.G., Petrov A.N. Tekhnologiya pererabotki nefiti i gaza [Technology of oil and gas processing]. — Saratov: Publishing House Tirage, 2010. — 256 p. (in Russian)
- Orazbayev B., Ospanov Y., Makhatova V., Salybek L., Abdugulova Z., Kulmagambetova Z., Suleimenova S., Orazbayeva K. Bastapky oku ornypun tıraqtandyru baranypun zhımys rezhimderin baskaru yshin anyk emes kóp kriterialdy sheshim kabyl dau әdisteri- Tazartu kondırtıysy [Methods of Fuzzy Multi-Criteria Decision Making for Controlling the Operating Modes of the Stabilization Column of the Primary Oil-Refining Unit]. Mathematics, 2023. — Vol. 11, 2820. — P. 1–20. <https://doi.org/10.3390/math11132820>. (in Kazakh)
- Sulejmenov E.B., Tuleuov Zh.N. Mұnajdy bastapky әңдеу қондығыларының текhnologiyalyқ erezhesi [Tehnologicheskij reglament ustanovki pervichnoj pererabotki nefiti]. — Atyrau, izd. AUNG, 2019. — 112 p. (in Kazakh)
- Speight J.G. Petroleum Refining and Environmental Control and Environmental Effects. In: Meyers, R. (eds) Encyclopedia of Sustainability Science and Technology. Springer, New York, NY, 2017. — P. 1–32. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2493-6_70-3. (in English)
- Serikov T.P. Mұnaj men gazdy әңдеудің заманаui tekhnologiyalary men procesteri [Modern technologies and processes of oil and gas processing]. — Almaty: Gylym, 2018. — 357 p. (in Kazakh)
- Zhao Zhi-Wen, Wang De-Hui. Statistical inference for generalized random coefficient autoregressive model. Mathematical and Computer Modelling. 2012. — V.56. — 166 p. (in English)
- Yasyan Y.P., Asatryan A.A. Obzor tekhnologicheskikh aspektov rezhima raboty ustanovki pervichnoj pererabotki nefiti pri dobyche neftyanogo syr'ya peremennogo sostava [Review of technological aspects of the operating mode of the primary oil refining unit during the extraction of variable composition crude oil]. Successes of modern science. — Vol. 4. — No. 4, 2020. — P. 79–82. (in Russian)

**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://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*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Ж.Ш. Әден*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадыранова*

Подписано в печать 20.06.2025.

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

20,0 п.л. Заказ 2.