

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 Aldazarhovna**, 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), 164-184

<https://doi.org/10.32014/2022.2518-1726.145>

УДК 519.816

**Ж.Ж. Молдашева<sup>1</sup>, Б.Б. Оразбаев<sup>1</sup>, Б.У. Асанова<sup>2</sup>, С.Ш. Искакова<sup>3</sup>,  
К.Н. Оразбаева<sup>4\*</sup>**

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

<sup>2</sup>Х. Досмухамедов атындағы Атырау университеті, Қазақстан, Атырау;

<sup>3</sup>С. Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті,  
Қазақстан, Атырау;

<sup>4</sup>Esil University, Қазақстан, Астана.

E-mail: [zhadira1985@mail.ru](mailto:zhadira1985@mail.ru)

### **МҰНАЙ ҚҰБЫРЫ АГРЕГАТТАРЫНЫҢ ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІН БАСҚАРУ ҮШІН ЭВРИСТИКАЛЫҚ ТӘСІЛ ҚҰРУ**

**Аннотация.** Қазіргі кезде Қазақстан Республикасының мол мұнай қорын игеру процесінде, өндірілген мұнайды тұтынушылар мен әлімдік нарыққа жеткізуде мұнай құбырлары аса маңызды орын алады. Практикада магистралды мұнай құбыры арқылы мұнай тасымалдауда оның технологиялық агрегаттарының жұмыс режимдерін тиімді басқару үшін айқынсыздықты ескере отырып шешім қабылдау есептерін шешуге тура келеді. Сондықтан мұнай құбырлары агрегаттарының жұмыс режимдерін басқару бойынша айқын емес ортада шешім қабылдау есептерін тиімді шешуге мүмкіндік беретін эвристикалық тәсілдерді құру аса өзекті ғылыми, практикалық мәселе болып табылады.

Жұмыста магистралды мұнай құбырлары агрегаттарының айқын емес ақпараттық ортада жұмыс режимдерін басқаруда шешім қабылдау есептері зерттеліп, оларды шешу үшін эвристикалық тәсілдер жасақталған. Зерттеу нысандарын басқару шынайы практикада көпкритерийлікпен және айқынсыздықпен сипатталатындықтан, олардың жұмыс режимдерін басқару есептері айқын емес көпкритерийлі оптимизациялау есептері түрінде қойылымдары алынған. Шешім

қабылдау есептерінің математикалық қойылымдары мен оларды шешудің эвристикалық тәсілдерін құру түрлі оптималдық принциптерін (компромисстік схемаларды) айқынсыздықта жұмыс істеуге модификациялау арқылы жүзеге асырылған.

Айқын емес есептерді шешудің белгілі тәсілдерінен оптималдық принциптерін модификациялау нешінде қойылған есептерді шешуге ұсынылып отырған тәсілдердің ерекшеліктері мен жаңашылдығы, айқын емес есеп оны қою бырысында детерминделген есепке түрлендірілмей, айқын емес ортада қойылып, шешім қабылдаушы тұлға, эксперттердің білімін, тәжірибесін, интуициясы нешінде эвристикалық жолмен шешіледі. Бұл тәсілдеме жинақталған, қолжетімді айқын емес ақпаратты толықтай қолдану есебінен айқын емес ортада өндірістік есептердің тиімді және адекватты шешімін алуға мүмкіндік береді. Ұсынылған тәсілдеме Өзен-Атырау-Самара магистралдық мұнай құбырының Атырау пунктіндегі мұнай қыздыру станциясының жұмыс режимдерін басқару бойынша шешім қабылдау есебін шешуде тексеріліп, сынақтан сәтті өткен.

**Түйін сөздер:** мұнай тасымалдау құбыры, мұнай қыздыру станциясы, айқын емес ақпарат, шешім қабылдау, шешім қабылдаушы тұлға (ШҚТ), эвристикалық тәсіл, оптималдық принциптері.

**Ж.Ж. Молдашева<sup>1</sup>, Б.Б.Оразбаев<sup>1</sup>, Б.У. Асанова<sup>2</sup>, С.Ш. Искакова<sup>3</sup>,  
К.Н. Оразбаева<sup>4\*</sup>**

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

<sup>2</sup>Атырауский университет имени Х.Досмухамедова,  
Казахстан, Атырау;

<sup>3</sup>Атырауский университет нефти и газа имени С. Утебаева,  
Казахстан, Атырау;

<sup>4</sup>Esil University, Казахстан, Астана.  
E-mail: [zhadira1985@mail.ru](mailto:zhadira1985@mail.ru)

## **РАЗРАБОТКА ЭВРИСТИЧЕСКОГО МЕТОДА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ АГРЕГАТОВ НЕФТЕПРОВОДА**

**Аннотация.** В настоящее время в процессе освоения богатых запасов нефти Республики Казахстан нефтепроводы играют очень важ-

ную роль в доставке добываемой нефти к потребителям и мировому рынку. На практике необходимо решать задачи принятия решений с учетом неопределенности и нечеткости, чтобы эффективно управлять режимами работы его технологических агрегатов при транспортировке нефти по магистральному нефтепроводу. Поэтому создание эвристических методов, позволяющих эффективно решать задачи принятия решений по управлению режимами работы объектов нефтепровода в нечеткой среде является в настоящее время весьма актуальной научной и практической задачей.

В работе исследуются проблемы принятия решений при управлении режимами работы агрегатов магистральных нефтепроводов в нечеткой информационной среде и разрабатываются эвристические подходы к их решению. Так как управление объектами исследования в реальной практике характеризуется многокритериальностью и нечеткостью, задачи управления режимами их работы представляются в виде нечетких задач многокритериальной оптимизации. Математические постановки задач принятия решений и эвристические методы их решения реализовались путем модификации различных оптимальных принципов (компромиссных схем) для работы в условиях нечеткости.

Особенности и новизна предлагаемых методов решения задач нечеткой среде от известных методов решения нечетких задач, заключаются в том, что нечеткая задача в момент постановки не преобразуется в набор детерминированных задач, а ставится и решается в нечеткой среде эвристическим путем на основе знаний, опыта и интуиции лица, принимающего решения, экспертов. Такой подход позволяет получить эффективное и адекватное решение производственных задач в нечеткой среде за счет полного использования имеющейся, собранной нечеткой информации. Предложенный подход успешно апробирован при решении задачи управления режимами работы станции подогрева нефти в пункте Атырау магистрального нефтепровода Узен-Атырау-Самара.

**Ключевые слова:** нефтепровод, станция подогрева нефти, нечеткая информация, принятия решений, лицо, принимающее решение (ЛПР), эвристический метод, принципы оптимальности.



**Zh. Moldasheva<sup>1</sup>, B. Orazbayev<sup>1</sup>, B. Assanova<sup>2</sup>, Sh. Iskakova<sup>3</sup>,  
K. Orazbayeva<sup>4\*</sup>**

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

<sup>2</sup>H. Dosmukhamedov Atyrau University, Kazakhstan, Atyrau;

<sup>3</sup>S. Utebayev Atyrau Oil and Gas University, Kazakhstan, Atyrau;

<sup>4</sup> Esil University, Kazakhstan, Astana.

E-mail: *zhadira1985@mail.ru*

## **OPTIMIZATION OF OPERATION MODES OF REFORMING REACTORS OF A CATALYTIC REFORMING UNIT ON THE BASIS OF COMPUTER MODELING**

**Abstract.** Currently, in the process of developing the rich oil reserves of the Republic of Kazakhstan, oil pipelines play a very important role in the delivery of produced oil to consumers and the world market. In practice, it is necessary to solve decision-making problems taking into account uncertainty and fuzziness in order to effectively control the operating modes of its technological units during oil transportation through the main oil pipeline. Therefore, the creation of heuristic methods that make it possible to effectively solve the problem of decision-making on managing the operation modes of oil pipeline facilities in a fuzzy environment is currently a very relevant scientific and practical task.

The paper studies the problems of decision-making when managing the operation modes of oil trunk pipeline units in a non-intrusive information environment and develops heuristic approaches to their solution. Since the management of research objects in real practice is characterized by multi-criteria and fuzziness, the tasks of controlling their operation modes are presented in the form of fuzzy problems of multi-criteria optimization. Mathematical formulations of decision-making problems and heuristic methods for their solution were implemented by modifying various optimal principles (compromise schemes) for operation in fuzzy conditions.

The features and novelty of the proposed methods for solving problems in a fuzzy environment from the known methods for solving fuzzy problems lie in the fact that a fuzzy problem at the time of setting is not converted into a set of deterministic problems, but is posed and solved in a fuzzy environment in a heuristic way based on the knowledge, experience and intuition of a person decision maker, experts. This approach makes it possible to obtain an effective and adequate solution of production problems



in a fuzzy environment through the full use of the available, collected fuzzy information. The proposed approach has been successfully tested in solving the problem of controlling the operating modes of an oil heating station at the Atyrau point of the Uzen-Atyrau-Samara main oil pipeline.

**Key words:** pipeline, oil heating station, fuzzy information, decision making, decision maker (DM), heuristic method, optimality principles.

**Кіріспе.** Практикада өндірісті тиімді басқару үшін көп критерийлік пен, яғни экономикалық, технологиялық және экологиялық сипаттағы критерийлер векторымен, сондай-ақ бастапқы ақпараттың айқын еместігімен сипатталатын технологиялық нысандардың оптималды жұмыс режимдерін таңдау бойынша шешім қабылдау есептері жиі туындайды. үшін туындайды. Мұндай өндірістік нысандардың көптеген параметрлері мен көпкритерийлігі, олардың математикалық сипатталуына қажетті бастапқы ақпараттың тапшылығы мен айқын еместігі, аталған есептерді формализациялау, математикалық тұжырымдау және шешуді қиындатады (Алиев и др., 2017:378.; Kuz'min et al., 2012: 1649-1678).

Соңғы уақытта ғылыми әдебиеттер мен жарияланымдарда өндірісті оптималды басқару (Емельянов и др., 2016:88.; *Dimitriadi et al.*, 2017:1322-1335.), оның ішінде айқын емес бастапқы ақпарат жағдайында (Orazbayev et al., 2021: 147–162., Зайченко и др., 2019:355) көпкритерийлі шешім қабылдау есептерін шешудің мәселелері мен тәсілдері белсенді талқылануда. Айқын емес ортада бұл есептерді шешу тәсілдері айқын емес жиындар теориясы тәсілдерін қолдануға негізделген (Алиев и др., 2017:378., Орловский и др., 2018:287., Рыжов и др., 2017:115., *Markovskii et al.*, 2018:1486-1495). Технологиялық нысандардың оптималды параметрлері мен жұмыс режимдерін көпкритерийлі таңдау есептерін қою және шешу мәселелері (Оразбаев и др., 2010:307., *Grebenyuk et al.*, 2016:805-812., Orazbayev et al., 2021:147-162., Зайченко и др. 2019:355., Оразбаев и др., 2007:138., Оразбаев и др., 2022:71-82) қарастырылған.

Магистральдық мұнай құбырларының технологиялық объектілері жұмыс режимдерін айқынсыздықта басқару бойынша бұл жұмыста тұжырымдалып, эвристикалық шешу тәсілдері ұсынылатын шешім қабылдау есептері, айқын емес жиындар және көпкритерийлі оптимизациялау теорияларының маңызды ғылыми, практикалық сұрақтарымен байланысты. Сонымен қатар бұл бағыт мұнай айдау саласының аса өзекті мәндетеінің біріне жатады. Сонымен бұл

мақалада айқын емес ортада мұнай құбырының технологиялық агрегаттарының модельдері негізінде олардың жұмыс режимдерін басқару бойынша шешім қабылдау есептерін формализациялап, математикалық қойлымдарын тұжырымдау, сондай-ақ оларды шешу тәсілдерін әзірлеу мәселелері зерттеледі. Аталған есептерді тұжырымдау және шешу кезінде айқынсыздыққа модификацияланған шешім қабылдау компромисстік схемалары пайдаланылады (Orazbayev et al., 2021:147-162., Оразбаев и др., 2007:138). Өндіріс жағдайында көптеген технологиялық объектілер көпкритерийлі және бастапқы ақпараттың айқынсыздығымен сипатталатындықтан, зерттелетін және шешілетін мәселелер шешім қабылдау және басқару теориясы мен практикасының маңызды міндеті болып табылады.

Жұмыстың мақсаты бастапқы ақпараттың айқын еместігін ескере отырып, мұнай қыздыру станциясы мысалында көпкритерийлі технологиялық объектілердің жұмыс режимдерін басқару бойынша шешім қабылдау мәселесін формализациялап, математикалық тұжырымдау және оларды шешудің интерактивті режимде жүзеге асырылатынын тиімді тәсілдерін әзірлеу. Көпкритерийлік және бастапқы ақпараттың айқынсыздығы мәселелерін шешу үшін жасақталатын эвристикалық тәсілдер, бастапқы ақпараттың айқын емес еместігі шарттарына модификацияланып, бейімделген, детерминдік жағдайда белгілі оптималдық принциптерінің идеялары мен айқын емес жиындар теориясы математикалық аппаратының мүмкіндіктері пайдаланылады.

**Есепті қою және зерттеу тәсілдері.** Практикада мұнай айдау жүйесінің өндірістік есептері көптеген жағдайларда көпкритерийлі және айқын емес бастапқы ақпаратпен сипатталатынды, ал бұл жағдайлар магистральдық мұнай құбырларының технологиялық агрегаттарының жұмыс режимдерін басқару үшін шешім қабылдау есептерін қою және шешу процедураларын күрделендіреді. Көпкритерийлі және қол жетімді ақпараттың анық еместігі жағдайында аталған объектінің жұмыс режимдерін басқару есептерін айқын емес ортада шешім қабылдау есептері түрінде тұжырымдап, шешу қажет. Бұл кезде шешім қабылдау берілген экономикалық және экологиялық критерийлерге сәйкес ықтимал шешімдер жиынын бағалап, олардың ішінен ең жақсы шешімді таңдау брлып табылады. Аталған есепті келесіден формализациялап, қоюға болады:

$f(\mathbf{x}) = f_1(\mathbf{x}), \dots, f_m(\mathbf{x})$  – мұнай құбыры технологиялық жүйесінің жұмыс сапасын бағалайтын критерийлер векторы болсын. Мысалы,  $f_1(\mathbf{x}), f_2(\mathbf{x}), \dots, f_k(\mathbf{x})$  – сәйкесінше, мұнай айдау көлемі, өндірістік шығындар,

пайда, т.б. сияқты экономикалық критерийлер;  $f_{k+1}(\mathbf{x}), f_{k+2}(\mathbf{x}), \dots, f_m(\mathbf{x})$  – өндірістің экологиялық жағдайын бағалайтын локалды критерийлер, мысалы қоршаған ортаға тасталатын мұнай, түгін, тасымалдау қалдықтары сияқты зиянды заттар көлемі, табиғатты қорғау шараларының көлемі т.с.с.  $m$  критерийлердің әр қайсысы, нысан жұмысын басқару үшін қолданылатын нысанның  $n$  кіріс, режимдік параметрлі векторына  $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_n)$  байланысты анықталады. Мұнай құбыры технологиялық агрегаттардың кіріс, режимдік параметрлеріне, мысалы: олардың кірісіндегі шикізат көлемі; температурасы; қысымы; мұнайдың реологиялық қасиеттері, отын, реагенттер көлемі т.б. жатады. Өндірістік практикада әрқашан түрлі (экономикалық, технологиялық, қаржылық, экологиялық) шектеулер болады, оларды жалпы түрде келесі шектеу функциялары арқылы  $\varphi_q(\mathbf{x}) \geq b_q, q = \overline{1, L}$  арқылы сипаттауға болады. Режимдік, басқару параметрі де, агрегаттың технологиялық режимімен, табиғатты қорғау талаптарымен анықталатын, өздерінің өзгеру интервалдарында шектеледі:  $x_i \in \Omega = [x_i^{\min}, x_i^{\max}]$ , мұнда  $x_i$  параметрінің өзгеруінің  $x_i^{\min}$  – минималды және  $x_i^{\max}$  – максималды мәндері. Келтірілген шектеулер айқынсыздықпен сипатталуы мүмкін.

Сонымен жоғарыда келтірілген есепті формализациялау негізінде көпкритерийлі пен айқынсыздық жағдайларында мұнай құбыры технологиялық агрегаттары жұмыс режимдерін тиімді басқару бойынша шешім қабылдау есебін келкесідей айқынсыздыққа бейімдеп, математикалық қойылымын алуға болады. Ол үшін шешім қабылдау есебін төмендегідей түрлендіреміз:

$\mu_0(\mathbf{x}) = (\mu_0^1(\mathbf{x}), \dots, \mu_0^m(\mathbf{x}))$  – қарастырылған  $f_1(\mathbf{x}), \dots, f_m(\mathbf{x})$  критерийлерінің нормализацияланған векторы болсын, ал  $L$  шектеулер  $f_q(\mathbf{x}) \geq b_q, q = \overline{1, L}$  – айқын емес инструкциялар арқылы сипатталсын. Әр айқын емес шектеудің орындалуын сипаттайтын тиістілік функциялары  $\mu_q(\mathbf{x}), q = \overline{1, L}$  белгілі, немесе шешім қабылдаушы тұлға (ШҚТ), эксперттер көмегімен тұрғызылатын деп қабылдайық (Orazbayev et al., 2021:147-162., Баронец и др. 2019:156-160. Сондай-ақ критерийлердің  $\gamma = (\gamma_1, \dots, \gamma_m)$  және шектеулердің  $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_L)$  маңыздылықтарын (салмақтарын) бейлелейтін салмақ векторлары белгілі не анықталады деп санаймыз (Оразбаев и др., 2022:71-82., Larichev et al., 2002:304-315).

Сонда экономикалық және экологиялық критерийлері бойынша магистральдық мұнай құбырларының жұмыс режимдерін басқару есебін айқын емес ортада тиімді шешім қабылдау есебін жалпы түрде келесідей жазуға болады:

$$\max_{\mathbf{x} \in X} \mu_0^i(\mathbf{x}), i = \overline{1, m}, \quad (1)$$

$$X = \{x : \arg \max_{x \in \Omega} \mu_q(x), q = \overline{1, L}\}. \quad (2)$$

Магистральдық мұнай құбырының мұнай жылыту станциясының технологиялық жүйесінің оптималды жұмысын қамтамасыз ететін басқарудың оптималды мәндерін, режим параметрлерін, көрсетілген шектеулер орындалған кезде критерийлер векторының экстремалды мәндерін, ШҚТ, өндіріс басшысы, өндірістік персоналдың қалауын ескере отырып, табу қажет. Біздің жағдайда ШҚТ – мұнай құбырының технологиялық нысанының, мысалы сорғы, мнай қыздыру станциялары, басқару критерийлері (айдау көлемі, режимнің қауіпсіздігі мен сенімділігі және т.б.) бойынша оптималды мәндерін қамтамасыз ететін, мұнай құбырлары арқылы айдау режимдерін басқару операторлары операторлары.

Жұмыста көпкритерийлік жағдайда қабылдау есептерін формализациялау, математикалық қойылымын тұжырымдау және эвристикалық шешу тәсілдерін жасақтау үшін оптималдық принциптері, көпкритерийлік оптимизациялау (*Groppen et al.*, 2018:660-675., *Dimitriadi et al.*, 2017:1322-1335., *Orazbayev et al.*, 2021:147-162., *Зыков и др.* 2018:208) және шешім қабылдау теориясы тәсілдері қолданылады (Емельянов и др., 2016:88., *Rademaker et al.*, 2011:29-51). Ал айқынсыздық мәселелерінен шешу үшін эксперттік бағалай және айқын емес жиындар теориясының тәсілдері пайдаланылады (Алиев и др., 2017:378., *Kuz'min et al.*, 2012:1649-1678., *Орловский и др.*, 2018:287., *Liu et al.*, 2022:2368., *Sabzi et al.*, 2017:145-163).

**Зерттеу нәтижелері.** Жалпы түрде алынған (1)–(2) айқынсыздықта шешім қабылдау есебін орын алған өндірістік жағдайға нақтылап, математикалық тұрғыдан дұрыстық қою сұрақтарын шешу нәтижелерін қарастырайық.

Өндірісте келесі жағдай туындасын делік: нысанды  $\mu(x) = (\mu_0^1(x), \dots, \mu_0^m(x))$  нормалданған  $m$  критерийлері бойынша және тиістілік функциялары  $\mu_q(x)$ ,  $q = \overline{1, L}$  бірнеше айқын емес шектеулер талаптарын орындай отырып тиімді басқару үшін шешім қабылдау қажет болсын. Критерийлер басымқылары (приоритеттері) қатары  $I = \{1, \dots, m\}$  немесе локалды критерийлердің салмақ векторы  $\gamma = (\gamma_1, \dots, \gamma_m)$ ,  $\gamma_i \geq 0$ ,  $i = 1, m$ ,  $m$ ,  $\gamma_1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_m = 1$ , белгілі болсын.

Сонда жалпы түрдегі (1)–(2) есебін айқынсыздықта нақты түрде келесідей жазуға болады:

$$\max_{x \in X} \mu_0^i(x), \quad i = \overline{1, m}, \quad (3)$$

$$X = \left\{ \mathbf{x} : \arg \max_{\mathbf{x} \in \Omega} \sum_{q=1}^L \beta_q \mu_q(\mathbf{x}) \wedge \sum_{q=1}^L \beta_q = 1 \wedge \beta_q \geq 0, q = \overline{1, L} \right\}. \quad (4)$$

Алынған (3) – (4) қойылымындағы есеп,  $m$  критерийлер бір нүктеде біруақытта максимумға жетуді талап ететіндіктен, шешімі күрделі және өте сирек табылады.

Бұл жағдайдан шығудың әмбебап тәсілі Парето жиынын анықтап, ол жиыннан ШҚТ көмегімен еі жақсы шешімді таңдау болып табылады. Сонымен Парето оптималдығы принципі негізінде соңғы есепті келесідей жазуға болады:

$$\max_{\mathbf{x} \in X} \mu_0(\mathbf{x}), \mu_0(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^m \gamma_i \mu_0^i(\mathbf{x}) \quad (5)$$

$$X = \left\{ \mathbf{x} : \arg \max_{\mathbf{x} \in \Omega} \sum_{q=1}^L \beta_q \mu_q(\mathbf{x}) \wedge \sum_{q=1}^L \beta_q = 1 \wedge \beta_q \geq 0, q = \overline{1, L} \right\} \quad (6)$$

Алынған шешім таңдау (5)–(6) есебін шеші үшін Парето оптималдық принципін айқынсыздыққа модификациялау арқылы жаңа және айқынсыздықта тиімді жұмыс жасайтын ПО+ПО эвристикалық тәсіл жасақталған. Ұсмынылған ПО+ПО эвристикалық тәсілін алгоритмизациялау нәтижесінде келесі негізгі қадамдардан тұратын эвристикалық алгоритм алынған:

ПО+ПО эвристикалық алгоритмі:

Қадам 1. ШҚТ, эксперттер қатысуымен локалды критерийлер маңыздылықтарын басғалайтын салмақ векторын анықтау  $\gamma = (\gamma_1, \dots, \gamma_m)$ ,  $\gamma_i \geq 0, i = \overline{1, m}$ ,  $\gamma_1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_m = 1$ .

Қадам 2. Әр  $q$ -ші координат бойынша қадамдар санын анықтау:  $p_q, q = \overline{1, L}$ .

Қадам 3. Айқын емес шектеулердің  $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_L)$  салмақ векторын өзгерту үшін әр қадамның шамасын келесі формуламен есептелеу:  $h_q = 1/p_q, q = \overline{1, L}$ .

Қадам 4. Алдыңғы қадамда анықталған  $h_q, q = \overline{1, L}$  қадам шамасымен  $[0, 1]$  интервалында өзгерте отырып, салмақ векторлары жиынын анықтау:  $\beta^1, \beta^2, \dots, \beta^N$ ,  $N = (p_1 + 1)(p_2 + 1) \dots (p_L + 1)$ .

Қадам 5. Айқын емес шектеулерді сипаттайтын терм-жиынды анықтау және олардың орындалу деңгейін бағалайтын тиістілік функцияларын тұрғызу:  $\mu_q(\mathbf{x}), q = \overline{1, L}$ .

Қадам 6. (5)–(6) қойылымындағы көпкритерийлі оптимизациялау  $\max_{\mathbf{x} \in X} \mu_0(\mathbf{x}) = \max_{\mathbf{x} \in X} \sum_{i=1}^m \gamma_i \mu_0^i(\mathbf{x})$  есебін (6) өрнекпен анықталатын  $X$  рұқсат етілген жиынында шешіп:  $\mathbf{x}(\gamma, \beta)$  – кіріс, режимдік (басқару) параметрлері

векторын, бұл вектор қамтамасыз ететін  $\mu_0^1(\mathbf{x}(\gamma, \beta)), \dots, \mu_0^m(\mathbf{x}(\gamma, \beta))$  – локалды критерийлер мәндерін және  $\mu_1(\mathbf{x}(\gamma, \beta)), \dots, \mu_L(\mathbf{x}(\gamma, \beta))$  – айқын емес шектеулердің максималды орындиоалу функцияларын анықтау.

Қадам 7. Алдыңғы қадамда алынған ағымдағы шешімдер талдау мен ең жақсы шешімді таңдау үшін ШҚТ-ға ұсынылады. Егер ұсынылған ағымдағы шешімдер ШҚТ-ны қанағаттандырса, онда келесі қадамға өту. Басқаша жағдайда, яғни ағымдағы шешімдер ШҚТ-ны қанағаттандырмаса, ол  $\gamma$  және/немесе  $\beta$  векторлары мәндерін шешімді жақсарту мақсатымен өзгертеді. Содан кейін шешімді жақсарту мақсатымен қадам 2-ге қайтып келу.

Қадам 8. Шешім іздеу тоқталап, ШҚТ-ны қанағаттандыратын ең жақсы шешім:  $\mu_0^1(\mathbf{x}^*(\gamma, \beta)), \dots, \mu_0^m(\mathbf{x}^*(\gamma, \beta))$  – локалды критерийлердің оптималды мәндері мен және  $\mu_1(\mathbf{x}^*(\gamma, \beta)), \dots, \mu_L(\mathbf{x}^*(\gamma, \beta))$  – айқын емес шектеулердің орындалу деңгейлерінің максималды мәндерін қамтамасыз ететін  $\mathbf{x}^*(\gamma, \beta)$  – кіріс, режимдік параметрлерінің тиімді мәндерін шығару.

Осылайша шешім қабылдаудың түрлі оптималдық принциптерін комбинацияларын айқынсыздыққа модификациялау арқылы айқын емес ортада көпкритерийлі шешім қабылдау есептерінің басқа қойылымдарын тұжырымдап, оларды шешу тәсілдерін ұсынуға болады.

Мысалы, басты критерий (критерийлерге) мен идеалды нүкте (шектеулерге) принциптері комбинациясын айқынсыздыққа модификациялау арқылы айқынсыздықта шешім қабылдау есебінің келесідей қойылымын алуға болады:

$$\max_{\mathbf{x} \in X} \mu_0^i(\mathbf{x}), \quad (7)$$

$$X = \left\{ \mathbf{x} : \mathbf{x} \in \Omega \wedge \arg \left( \max_{\mathbf{x} \in \Omega} \max \mu_0^i(\mathbf{x}) \geq \mu_r^i \right) \wedge \arg \mu_q(\mathbf{x}) \geq \min \left\| \mu(\mathbf{x}) - \mu^u \right\|_D, i = \overline{2, m}, q = \overline{1, L} \right\}, \quad (8)$$

мұнда  $\left\| \mu(\mathbf{x}) - \mu^u \right\|_D$  – шектеулердің ағымдағы мәндері мен идеалды мәні ара қашықтығын бағалайтын метрика D;  $\mu(\mathbf{x}) = (\mu_1(\mathbf{x}), \dots, \mu_L(\mathbf{x}))$  – айқын емес шектеулердің орындалу деңгейін сипаттайтын тиістілік функциялары вектор;  $\mu^u = (\max \mu_1(\mathbf{x}), \dots, \max \mu_L(\mathbf{x}))$  – идеалды нүкте координаттары, олар шектеулердің орындалу тиістілік функцияларының максималды мәндерімен анықталады. Егер аталған тиістілік функциялар нормалды болса, онда идеалды нүкте координаттары бірліктерге тең болады:  $\mu^u = (1, \dots, 1)$ .

Бұл жағдайда басты критерий принципі негізінде ең маңызды, басты критерий анықталып, оны мәні оптимизацияланады, ал қалған локалды критерийлерге шектік мәндері тағайындалып, олар шектеулер

ретінде ескеріледі. Ал идеалды нүкте принципі, анықталған идеалды нүктеден, яғни шешімнен ағымдағы шешімнің ара қашықтықтын (мера) минимизациялауға негізделген оптималды шешімді табуға мүмкіндік береді.

Қойылған (7)–(8) көпкритерийлі шешім қабылдау есебін шешу үшін басты критерий мен идеалды нүкте принциптерін модификациялау негізінде бұл жұмыста БК+ИН эвристикалық тәсілі жасақталған.

Ұсынылған БК+ИН эвристикалық тәсілін алгоритмизациялау нәтижесінде, оның келесі негізгі қадамдарын сипаттауға болады:

БК+ИН эвристикалық алгоритмі:

Қадам 1. ШҚТ қатысуымен локалды критерийлердің басымқыларын енгізу  $I_k = \{1, \dots, m\}$  (басты критерий 1-ші басымқыға ие болуы тиіс).

Қадам 2. ШҚТ, эксперттерден алынған ақпарат негізінде айқын емес параметрлердің терм-жиыны анықталады  $T(X, Y)$  және әр айқын емес шектеулердің орындалу тиістілік функциялары тұрғызылады  $\mu_q(x)$ ,  $q = \overline{1, L}$ .

Қадам 3. ШҚТ басқа локалды критерийлердің шектік мәндерін анықтап, ендіреді:  $\mu'_R(x), i = \overline{2, m}$ .

Қадам 4. Идеалды нүкте координаттарын анықтау (бұл нүкте координаттарын жалпы жағдайда айқын емес шектеулердің орындалу тиістілік функцияларының мақсималды мәндері  $\mu'' = (\max \mu_1(x), \dots, \max \mu_L(x))$  немесе, ол тиістілік функциялар нормалды болса, бірліктерді  $\mu'' = (1, \dots, 1)$  алу қажет).

Қадам 5. Ағымдағы шешім  $x^* = (x_1^*, \dots, x_n^*)$  мен идеалды нүкте (шешім)  $\mu''$  арасындағы қашықтықты анықтайтын метрика түрін таңдау.

Қадам 6. (7)–(8) қойылымындағы шешім қабылдау есебін шешім, келесі ағымдағы шешімдерді анықтау:  $\mu_0^i(x(\mu'_R, \|\mu(x) - \mu''\|_D))$  – басты критерийдің ағымдағы мәнін,  $\mu_0^2(x(\mu'_R, \|\mu(x) - \mu''\|_D)), \dots, \mu_0^m(x(\mu'_R, \|\mu(x) - \mu''\|_D))$ ,  $i = \overline{2, m}$  – локалды критерийлердің және  $\mu_1(x(\mu'_R, \|\mu(x) - \mu''\|_D)), \dots, \mu_L(x(\mu'_R, \|\mu(x) - \mu''\|_D))$  – шектеулердің тиістілік функцияларының ағымдағы мәндерін қамтамасыз ететін  $x(\mu'_R, \|\mu(x) - \mu''\|_D)$  – кіріс, режимдік (басқару) параметрлері векторын.

Қадам 7. ШҚТ-ға алынған ағымдағы шешімдерді ұсыну. Егер алынған ағымдағы шешімдер ШҚТ-ны қанағаттандырмаса, онда ол шешімді жақсарту мақсатымен  $\mu'_R(x)$  мәнән өзгертеді және/немесе  $\|\mu(x) - \mu''\|_D$  метрикасының басқа түрін таңдайды да ең жавақсмы шешімді іздеу алғынғы қадамнан қайта басталады. Ал ШҚТ алынған ағымдағы шешімдермен қанағаттанса, келесі қадамға өту.

Қадам 8. ШҚТ таңдаған және оны қанағаттандыратын ең



жақсы соңғы шешімдерді шығару:  $\mu_0^1(\mathbf{x}^*(\mu_R^i, \|\mu(\mathbf{x}^*) - \mu^u\|_D))$  – басты критерийдің максималды мәнін,  $\mu_0^2(\mathbf{x}^*(\mu_R^i, \|\mu(\mathbf{x}^*) - \mu^u\|_D)), \dots, \mu_0^m(\mathbf{x}^*(\mu_R^i, \|\mu(\mathbf{x}^*) - \mu^u\|_D))$ ,  $i = \overline{2, m}$  – локалды критерийлердің шектіке мәндерін және  $\mu_1(\mathbf{x}^*(\mu_R^i, \|\mu(\mathbf{x}^*) - \mu^u\|_D)), \dots, \mu_L(\mathbf{x}^*(\mu_R^i, \|\mu(\mathbf{x}^*) - \mu^u\|_D))$  – шектеулердің тиістілік функцияларының максималды мәндерін қамтамасыз ететін  $\mathbf{x}(\mu_R^i, \|\mu(\mathbf{x}) - \mu^u\|_D)$  – кіріс, режимдік (басқару) параметрлері оптималды векторын.

Технологиялық нысандардың жұмыс режимдерін басқаруда айқынсыздықта көпкритерийлі шешім қабылдау есептерінің келтірілген жаңа тұжырымдары және оларды шешуге ұсынылған эвристикалық тәсілдері айқын емес жиындар теориясы тәсілдеріне және көпкритерийлі оптимизациялаудың детерминирді әдістерін модификациялауға негізделген. Алынған шешімдер аталған тәсілдердің бастапқы ақпараттың ақын еместігі жағдайларында жалпылануы мен дамуы болып табылады.

**Нәтижелерді талқылау.** Зерттеу нәтижелерін практикалық қолдану, белгілі нәтижелермен салыстыру және талқылау нәтижелері қарастырайық

Технологиялық объектілердің жұмыс режимдерін басқарудың ұсынылған тәсілін жүзеге асырудың мысалы ретінде Өзен-Самара мұнай құбырының Атырау пунктіндегі мұнай қыздыру станциясының жұмыс режимдерін басқару үшін шешім қабылдау есебін тұжырымдап, шешу нәтижелерін келтіреміз. Мұнай қыздыру станциясының негізгі міндеті жылыту пештері мен олармен байланысқан агрегаттардың апатсыз және үздіксіз жұмысын қамтамасыз ету және «ыстық» мұнай құбырының оптималды технологиялық жұмыс режимін қамтамасыз ету болып табылады. Бұл кезде келесі критерийлерді оптимизациялау есептерін шешу қажет:

- мұнайды қыздыру мен айдау өзіндік құнын минимизациялау;
- отын мен эксплуатациялақ шығындарды минимизациялау;
- мұнай айдау көлемі мен өнімділікті максимизациялау;
- нысан мен лоның механизмдерінің сенімділігін арттыру;
- нысанның экологиялық қауіпсіздігін арттыру т.б.

Айдалатын мұнай көлемін түрлі аспаптар, өлшеуіш құралдары (шығын өлшегіштер және т.б.) көрсеткіштерімен анықтауға болады. Біздің жағдайда айдалатын мұнай көлемі [705 ÷ 725] т/сағ бірлікпен өлшенеді. Нысанның жұмыс сапасы мен экологиялық қауіпсіздігін бағалауға келетін болсақ, мұндағы жағдай әлдеқайда күрделі болып келеді.

Мұнай құбырының технологиялық-өндірістік кешені жұмысының сапасын, нысанның жұмысының экологиялық қауіпсіздігін бір санмен бағалау өте қиын және әрқашан мүмкін бола бермейді. Көбінесе бұл көрсеткіштер анықсыздықпен, айқынсыздықпен сипатталатықтан, оларды өлшеу, сандық тұрғыдан анықтау күрделі немесе мүмкін емес болады. Шынайы жағдайда өндірістік нысандардың көптеген жұмыс сапасы көрсеткіштері, шектелері, экологиялық қауіпсіздіктігі көрсеткіштері көбінесе «кем емес», «артық емес» және «шамамен» сияқты айқын емес шектеулермен сипатталады.

Практикада өндірістік нысанның экономикалық критерийлері (өнімділік, пайда, айдау көлемі және т.б.) және сапа көрсеткіштері максималды, ал оның қоршаған орта экологиясына тигізетін кері әсері минималды болғаны қажет. Алайда бұл экономикалық, экологиялық критерийлер жиі қарама-қайшы келетіні және оларды бір уақытта жақсарту мүмкін емес екендігін белгілі. Мұндай жағдайда компромисстер облысында тиімді шешімді өндірістік жағдай мен жоспарды және ШҚТ-ны қанағаттандыратын шешім қабылдау керек.

Сонымен магистральдық мұнай құбыры қыздыру станциясын тиімді басқару бойынша шешім қабылдау есебін келесідей нақтылауға болады:

$f(\mathbf{x}) = F(f(\mathbf{x})) = \mu_0^i(\mathbf{x}), i = \overline{1,3}$  – мұнай айдау көлемін  $\mu_0^1(\mathbf{x})$  мұнай қыздыру пешінің шысындағы температура  $\mu_0^2(\mathbf{x})$  мен қысымды  $\mu_0^3(\mathbf{x})$  бағалайтын нормалданған локалды критерийлер болсын. Нысанның жұмыс сапасын, экологиялық көрсеткіштерін сипаттайтын әр айқын емес шектеулерге  $\varphi_q(x) \gtrsim b_q, q = 1,2$  олардың орындалу деңгейін бағалайтын тиістілік функциялары  $\mu_q(x), q = 1,2$  тұрғызылсын. Сондай-ақ локалды критерийлердің басымқылары қатары  $I_k = \{1, 2, 3\}$  мен айқын емес шектелердің салмақ коэффициенттері векторы  $\beta = (\beta_1, \beta_2)$  белгілі не анықталады деп қабылданады.

Критерийлер мен шектеулер кіріс, режимдік параметрлеріне  $x_i, i = \overline{1,4}$  ( $x_1$  – температура,  $x_2$  – қысым,  $x_3$  – отын шығыны,  $x_4$  – пештің кірісіндегі мұнай көлемі) тәуелді болады. Бұл тәуелділіктер (Оразбаев и др., 2022:71-82., Зыков и др., 2018:208) жұмыстарында келтірілген математикалық модельдер негізінде анықталады.

Бастапқы ақпараттың кейбір бөлігінің айқын еместігі жағдайында формализацияланған мұнай қыздыру станциясының жұмыс режимдерін процесті басқару бойынша шешім қабылдау есебін басты критерий және идеалды нүкте принциптері негізінде (7)–(8) қойылымына сәйкес келесі көпкритерийлі оптимизациялау есебі түрінде жазылуы мүмкін.

$$\max_{x \in X} \mu_0^1(x), \quad (7^*)$$

$$X = \left\{ x : x \in \Omega \wedge (f_i(x) \gtrsim b_i) \wedge \arg(\mu_q(x) \geq \min_{x \in \Omega} \|\mu(x) - \mu^u\|_D) \mid i = 2, 3, q = 1, 2 \right\} \quad (8^*)$$

мұндағы  $f_i(x), i = 2, 3$  – мұнай қыздыру станциясы шығысындағы температура мен қысымға қойылған айқын емес шектеулер функциялары;  $\|\mu(x) - \mu^u\|_D$  – қолданылатын метрика  $D$ ;  $\mu(x) = (\mu_1(x), \mu_2(x))$ ,  $\mu^u = (\max \mu_1(x), \max \mu_2(x))$ .

Бұл есептің шешімі болып, критерийлердің экстремалды мәндерін (басты критерийлердің максималды мәнін, қалған критерийлердің шектеу шарттарын) және айқын емес шектелердің орындалу тиістілік функцияларының максималды мәндерін қамтамасыз ететін, басқару үшін қолданылатын, кіріс, режимдік параметрлерінің оптималды мәндері  $x^* = (x_1^*, x_2^*, x_3^*, x_4^*)$ , табылады. Сонымен қатар алынған шешім ШҚТ-ны қанағаттандыруы тиіс.

Нақты қойлымы алынған  $(7^*)$ – $(8^*)$  шешім қабылдау есебін бейімделген БК+ИН алгоритмін пайдалана отырып шешеміз.

1) Локалды критерийлердің басымқылары қатары анықталды:  $I_k = \{1, 2, 3\}$  (басты критерий ретінде айдалатын мұнай көлемі таңдалған, сәйкесінше оған 1-басымқы берілген, 2-ші басымқы пеш шығысындағы температураға, ал 3-ші басымқы пеш шығысындағы қысымға берілген).

2) ШҚТ, эксперттер алынған ақпараттар негізінде терм-жиын анықталып, ір айқын емес шектеге, оның орындалу деңгейін бағалайтын тиістілік функциясы  $\mu_q(x)$ ,  $q = 1, 2$  тұрғызылған:

$$\begin{aligned} \mu_1(x) &= \exp(0.20 | a_1 - 50.0 | \cdot 0.5), \\ \mu_2(x) &= \exp(0.10 | a_2 - 80.0 | \cdot 0.7), \end{aligned}$$

мұндағы  $a_1, a_2$  – мұнай қыздыру станциясының шығысындағы температурасы мен қысымның орташа мәндері.

3) шектеуге ендірілген шектеу функцияларының  $f_i(x), i = 2, 3$  анықтау және  $b_i, i = 2, 3$  мәндеріен анықтау. (Оразбаев и др., 2022:71-82., Зыков и др., 2018:208) жұмыстары мен зерттеулер нәтижесінде олар келесідей анықталды:

$$\begin{aligned} f_1(x) &= 7 + 1.2 \cdot x_1 - 0.25 \cdot x_2 + 5.7 \cdot x_3 - 1.3 \cdot x_4 + 1.8 \cdot x_1^2 + 8.3 \cdot x_3^2; b_1 = 55, \\ f_2(x) &= 0.25 - 1.31 \cdot x_1 + 7.35 \cdot x_2 - 3.1 \cdot x_3 + 2.25 \cdot x_4 + 9.85 \cdot x_2^2 + 8.7 \cdot x_3^2; b_2 = 8.5. \end{aligned}$$

4) Идеалды нүкте координаттарын анықтау. Бұл нүктелер координаттары ретінде шектеулердің тиістілік функцияларының максималды

мәндері анықталады. Бұл есеп жағдайында тиістілік функциялары нормалды болғандықтан, олар келесідей анылған:  $\mu^u = (1, 1)$ .

5) Выбирается вид метрики Ағымдағы шешім  $\mu(x)$  мен идевалды шешім  $\mu^u$  арысындағы қашықтықты анықтайтын  $\|\mu(x) - \mu^u\|_D$  метрикасы түрін таңдау. Қойылған есеп жағдайында метриканың келесі түрі таңдалған:

$$\|\mu(x) - \mu^u\|_E^2 = \sum_{q=1}^2 \left( \beta_q \left( \max_{x \in \Omega} \mu_q(x) - \mu_q(x) \right) \right)^2,$$

мұнда  $\beta_q$  – q-ші айқын емес шектеудің салмақ коэффициенті.

6) Модификацияланған математикалық программалау тәсілі негізінде (7\*)–(8\*) оптимизациялау есебі шешіп, келесі ағымдағы шешімдер анықталған:  $x \left( \sum_{q=1}^2 \left( \mu_R^i, \beta_q \left( \max_{x \in \Omega} \mu_q(x) - \mu_q(x) \right)^2 \right) \right)$ ,  $i = 2, 3$  – кіріс, режимдік (басқару) параметрлері векторы; бұл вектор қамтамыз ететін локалды критерийлер мәндері:  $\mu_0^1 \left( x \left( \sum_{q=1}^2 \left( \mu_R^i, \beta_q \left( \max_{x \in \Omega} \mu_q(x) - \mu_q(x) \right)^2 \right) \right) \right)$ ,  $\mu_0^2 \left( x \left( \sum_{q=1}^2 \left( \mu_R^i, \beta_q \left( \max_{x \in \Omega} \mu_q(x) - \mu_q(x) \right)^2 \right) \right) \right)$ ,  $\mu_0^3 \left( x \left( \sum_{q=1}^2 \left( \mu_R^i, \beta_q \left( \max_{x \in \Omega} \mu_q(x) - \mu_q(x) \right)^2 \right) \right) \right)$ ,  $i = 2, 3$  және айқын емес шектеулер тиістілік функциялары әндері  $\mu_1 \left( x \left( \sum_{q=1}^2 \left( \mu_R^i, \beta_q \left( \max_{x \in \Omega} \mu_q(x) - \mu_q(x) \right)^2 \right) \right) \right)$ ,  $\mu_2 \left( x \left( \sum_{q=1}^2 \left( \mu_R^i, \beta_q \left( \max_{x \in \Omega} \mu_q(x) - \mu_q(x) \right)^2 \right) \right) \right)$ ,  $i = 2, 3$  – значения функции принадлежности выполнения ограничений.

7) ШҚТ-ға алынған ағымдағы шешімдерді ұсыну. Егер қсынылған ағымдағы шешімдер ШҚТ-ны қанағаттандырмаса, онда ол шешімді жақсарту мақсатымен  $\mu_R^1(x)$ ,  $\mu_R^2(x)$  шектік мәндерін өзгертеді немесе/және  $\|\mu(x) - \mu^u\|_D$  метрикасының жаңа түрін таңдайды. Содан кейін жаңа, жақсартылған шешімді анықтау үшін алдыңғы қадамнан бастап шешім қайта есептеледі. Егер алынған ағымдағы шешімдер ШҚТ-ны қанағаттандырса, онда келесі қадамға өту.

8) ШҚТ-ны қанағаттандыратын соңғы еі жақсы шешімдерді шығару:  $\mu_0^1 \left( x^* \left( \sum_{q=1}^2 \left( \mu_R^i, \beta_q \left( \max_{x \in \Omega} \mu_q(x) - \mu_q(x) \right)^2 \right) \right) \right)$ , – басты критерийдің максималды мәнін қамтамасыз ететін, ал қалған критерийлердің  $\mu_0^2 \left( x^* \left( \sum_{q=1}^2 \left( \mu_R^i, \beta_q \left( \max_{x \in \Omega} \mu_q(x) - \mu_q(x) \right)^2 \right) \right) \right)$ ,  $\mu_0^3 \left( x^* \left( \sum_{q=1}^2 \left( \mu_R^i, \beta_q \left( \max_{x \in \Omega} \mu_q(x) - \mu_q(x) \right)^2 \right) \right) \right)$ , шектік мән-

дерін қанағаттандыратын және айқын емес шектеулердің тиістілік функцияларының  $\mu_1 \left( \mathbf{x}^* \left( \sum_{q=1}^2 \left( \mu_R^i, \beta_q \left( \max_{\mathbf{x} \in \Omega} \mu_q(\mathbf{x}) - \mu_q(\mathbf{x}) \right)^2 \right) \right) \right)$ ,  $\mu_2 \left( \mathbf{x}^* \left( \sum_{q=1}^2 \left( \mu_R^i, \beta_q \left( \max_{\mathbf{x} \in \Omega} \mu_q(\mathbf{x}) - \mu_q(\mathbf{x}) \right)^2 \right) \right) \right)$ , максималды мәндерін қамтамасыз ететін кіріс, режимдік параметрлері векторы  $\mathbf{x}^* \left( \sum_{q=1}^2 \left( \mu_R^i, \beta_q \left( \max_{\mathbf{x} \in \Omega} \mu_q(\mathbf{x}) - \mu_q(\mathbf{x}) \right)^2 \right) \right)$ .

Ең жақсы шешімді іздеудің 5-циклінен кейін алынған ШҚТ-ны қанағаттандыратын соңғы шешімдер 1-ші кестеге ендірілген.

Детерминді тәсілмен ұсынылған тәсілдің 1-кестеде келтірілген нәтижелерін ээрне өндірістік шынайы деректерді салыстыру және талқылау арқылы айқынсыздықта шешім қабылдау есебін шешудің ұсынылған тәсілінің артықшылықтары жайында келесідеуіқорытынды жасауға болады:

1) Ұсынылған эвристикалық тәсіл детерминді тәсілге қарағанда тиімдірек және шынайы эксперименталдық деректерге сәйкестігі жоғары.

2) Ұсынылған эвристикалық алгоритм негізінде оптимизациялау есептерін шешу кезінде идеализациясыз нақты айқынсыз жағдайды толық сипаттайтын қосымша айқын емес ақпарат (ШҚТ, эксперт тәжірибесі, білімі, интеллектісі) қолданылатындықтан, айқын емес ортада өндірістік есептің шешімінің адекваттылығы артады.

3) Тиімді шешім қабылдаудың көпкритерийлі есебін шешуде қолданылған БК+ИН эвристикалық алгоритмі айқын емес шектеулердің орындалу деңгейдерін бағалайтын тиістілік функциялары негізінде айқын емес шектеулердің орындалуын қамтамасыз ете алады. Ал детерминді тәсілдәі айқын емес шектеулердің орындалуын бақылау, қамтамасыз ету мүмкін емес.

Кесте 1 – Қойылған шешім қабылдау есебін ұсынылған эвристикалық алгоритм (БК+ИН), детерминді тәсіл (Shumsky et al., 2019:380) арқылы шешу нәтижелерін және өндірістен алынған шынайы деректермен салыстыру

№	Критерийлер мен шектеулердің мәндері	Детерминді тәсіл	Ұсынылған БК+ИН алгоритмі	Өндірістік эксперименталдық мәліметтер
	Айдалған мұнай көлемі (өнімділік), т/сағ, $\tilde{Y}_1$	707	$\approx 710$	709
	Мұнай қыздыру станциясы шығысындағы температура, $Y_2, ^\circ\text{C}$	48	50	50
	Мұнай қыздыру станциясы шығысындағы қысым, $Y_3$ кгс/см <sup>2</sup>	8.5	8	8.1

1-айқын емес шектеу орындалуының тиістілік функциясы $\mu_1(\mathbf{x}^*(\mu_R^*), \ \mu(\mathbf{x}^*) - \mu^u\ _D)$	–	1.0	–
2-айқын емес шектеу орындалуының тиістілік функциясы $\mu_2(\mathbf{x}^*(\mu_R^*), \ \mu(\mathbf{x}^*) - \mu^u\ _D)$	–	0.98	–
Кіріс, режимдік (басқару) параметрлері оптималдық мәндері $\mathbf{x}^* = (x_1^*, x_2^*, x_3^*, x_4^*)$ : $x_1^*$ – пеш кірісіндегі температура, °С;	35	33	34
$x_2^*$ – пеш кірісіндегі қысым, кгс/см <sup>2</sup> ;	10,5	9.8	10
$x_3^*$ – пеш кірісіндегі отын көлемі, кг/сағ;	27	25	26
$x_4^*$ – пеш кірісіндегі мұнай көлемі, т/сағ;	710	710	710

Ескертпе: (–) сәкес тәсілмен бұл көрсеткіштің анықталмайтындығын білдіреді; Салыстырылған тәсілдерде шешімді іздеу уақыты жуықша бірдей.

Алынған нәтижелер мен қорытындылардың сенімділігі мыналармен расталады: шешім қабылдау және оптимизациялау теорияларының, айқын емес жиындар теориясының, эксперттік бағалау тәсілдерінің ғылыми ережелеріне негізделген пайдаланылған зерттеу тәсілдерінің дұрыстығымен; есептеу-модельдік (теориялық) және эксперименттік (пилоттық-өнеркәсіптік) зерттеу нәтижелерінің жеткілікті деңгейде сәйкес келулерімен.

**Қорытынды.** Ғылыми мақалада түрлі оптималдық принциптерін комбинациялау және айқынсыздыққа модификациялау негізінде айқын емес бастапқы ақпарат жағдайында магистральдық мұнай құбырының технологиялық агрегаттарының жұмыс режимдерін басқару бойынша шешім қабылдау есептерінің жаңа тұжырымдары алынған және қойылымдары келтірілген есептерді айқын емес орталда шешу үшін тиімді эвристикалық тәсілдері жасақталған. Ұсынылған эвристикалық тәсілдер айқын емес ортада жұмыс істеу үшін түрлі оптималдық принциптерін (Парето оптималдық, басты критерий, идеалды нүкте) модификациялауға және комбинациялауға негізделген. Өзен-Самара мұнай құбырының Атырау пунктіндегі мұнай қыздыру станциясының жұмыс режимдерін басқару және оптимизациялауда ұсынылған айқын емес тәсілдеме (басты критерий – критерийлер үшін, және

идеалды нүкте – критерийлер үшін, принциптерін модификациялау арқылы) практикада жүзеге асырылған. Детерминделген тәсілмен салыстырғанда ұсынылып, қолданылған эвристикалық алгоритмнің тиімділігі мен адекваттығы жоғары екені көрсетілген.

Зерттеу нәтижелерінің ғылыми жаңашылдығы – айқын емес есеп, оларды шешудің белгілі тәсілдеріндегідей алдын ала детерминирленген есепкеа түрлендірілмей, айқын емес ортада қойылып, шешіледі. Бұл жинақталған айқын емес ақпаратты толық пайдалануды және айқын емес бастапқы ақпаратпен сипатталатын күрделі өндірістік есептің неғұрлым адекватты шешімін алуды қамтамасыз етеді. Алынған нәтижелер көпкритерийлі және айқын емес бастапқы ақпаратпен сипатталатын күрделі өндірістік объектілерді оптимизациялау және олардың жұмыс режимдерін басқару тәсілдерін дамытуға, қолдану аясын кеңейтуге мүмкіндік береді.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы дәстүрлі детерминирді немесе стохастикалық математикалық тәсілдермен шешілуі күрделі немесе мүмкін емес көпкритерийлікпен және айқынсыздықпен сипатталатын күрделі өндірістік есептерді тиімді шешумен анықталады. Сонымен қатар, айқын емес ортада шешім қабылдау есебінің шешудің ұсынылған тәсілдемесі өндірістік жағдайға және әртүрлі сипаттағы бастапқы ақпараттың болуына байланысты ШҚТ-ға ұсынылған алгоритмдер жиынтығынан есепті шешудің неғұрлым қолайлы алгоритмін таңдау мүмкіндігі беріледі.

Бұл бағыттағы әрі қарай ғылыми әзірлемелердің перспективті бағыты өндірістік процестерді автоматтандырудың әртүрлі жүйелеріне, мысалы шешім қабылдауды қолдау интеллектуалды жүйелері, компьютерлік басқару жүйелері және т.б., программалық қамтамасыз етуді әзірлеумен байланысты.

*Зерттеуді Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырады (грант № AP08855680 – Каталитикалық риформинг қондырғысы жұмыс режимдерін басқару үшін шешім қабылдаудың интеллектуалдандырылған жүйесі).*

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

**Moldasheva Zh.Zh.** – doctoral student of the Department of Information Systems, L.N. Gumilyov Eurasian National University, st. Satpaeva 2A, Nur-Sultan, Kazakhstan. E-mail: [zhadira1985@mail.ru](mailto:zhadira1985@mail.ru);

**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, Satpayev str. 2A, Nur-Sultan, Kazakhstan. E-mail: *batyr\_o@mail.ru*;

**Assanova B.U.** – PhD, Dean of the Faculty of Physics and Mathematics, Kh. Dosmukhamedov Atyrau University, st. Students 112, Atyrau, Kazakhstan. E-mail: *baha1981\_13@mail.ru*;

**Iskakova S.Sh.** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Information Technology, S. Utebaev Atyrau University of Oil and Gas, st. Baymukhanov 45a, Atyrau, Kazakhstan. E-mail: *iskakova\_sh@mail.ru*;

**Orazbayeva K.N.** – doctor of technical sciences, professor of the department of management, Esil University, Zhubanov str. 7, Nur-Sultan, Kazakhstan. E-mail: *kulman\_o@mail.ru*.

#### ӘДЕБИЕТТЕР:

Алиев Р.А., Церковный А.Э., Мамедова Г.А. (2017) Управление производством при нечеткой исходной информации. М.: Энергоатомиздат, 2-изд. 378 с.

Оразбаев Б.Б. (2010) Математические методы оптимального планирования и управления производством. -Алматы: Ғылым, 307 с.

Kuz'min V.B., Travkin S.I. (2012) The theory of fuzzy sets in control problems and in principles for organizing fuzzy processors. A survey of foreign literature // *Automation and Remote Control*, 53(11). P. 1649–1678. (in Eng.).

Емельянов С.В., Ларичев О.И. (2016) Многокритериальные методы принятия решений. -М.: Знание, 88 с.

Groppen V.O. (2018) Principles of reference-aided decision making // *Automation and Remote Control*. 67(4). P. 660-675. (in Eng.).

Grebenyuk G.G. (2016) Mathematical modeling as a decision tool in the control of urban heat supply // *Automation and Remote Control*. 58(5). P. 805-812. (in Eng.).

Dimitriadi G.G., Larichev O.I. (2017) Decision Support System and the ZAPROS-III Method for Ranking the Multiattribute Alternatives with Verbal Quality Estimates // *Automation and Remote Control*. 63(8). P. 1322-1335. (in Eng.).

Orazbayev B., Moldasheva Zh., Orazbayeva K., Makhatova V., Kurmangaziyeva L., Gabdulova A. (2021) Development of mathematical models and optimization of operation modes of the oil heating station of main oil pipelines under conditions of fuzzy initial information. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6: 2(114), 147–162. (in Eng.).

Орловский С.А. (2018) Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. -М.: Наука 2-изд. 287с.

Зайченко Ю.П. (2019) Исследование операций: нечеткая оптимизация. -Киев: Выща школа, 3-изд. 355 с.

Rademaker M., Bernard B. (2011) Aggregation of monotone reciprocal relations with

application to group decision making // *Fuzzy Sets and Systems*. 184(3). P. 29–51. (in Eng.).

Рыжов А.П. (2017) Теория нечетких множеств и ее приложений. – М.: МГУ. 115 с.

Liu Y., Rodríguez R.M., Martínez L. (2022) Interval Type-2 Fuzzy Envelope of Proportional Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set: Application to Large-Scale Group Decision Making. *Mathematics*, 10, 2368. <https://doi.org/10.3390/math10142368>. (in Eng.).

Markovskii A.V. (2018) Solution of Fuzzy Equations with Max-Product Composition in Inverse Control and Decision Making Problems // *Automation and Remote Control*. 64(9). P. 1486-1495. (in Eng.).

Оразбаев Б.Б., Мухамбеткалиева А.К. (2007) Задачи и методы многокритериального выбора оптимальных режимов работы объектов нефтепровода. Алматы: Эверо, 138 с.

Оразбаев Б.Б., Молдашева Ж.Ж., Ла Л.Л., Оразбаева К.Н. Тулеуов Ж.Н., Утенова Б.Е. (2022) Разработка моделей станции подогрева нефти магистральных нефтепроводов в условиях нечеткости исходной информации. // *Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан*. 1(83). -С.71-82.

Баронец В.Д., Гречихин М.А. (2019) Построения и представления функции принадлежности в экспертных системах // *Техническая кибернетика* 6(3). 156 –160.

Larichev O.I. (2002) Properties of the Decision Methods in the Multicriteria Problems of Individual Choice // *Automation and Remote Control*. 63 (2). P. 304-315. (in Eng.).

Sabzi H.Z. (2017) Developing an intelligent expert system for streamflow prediction, integrated in a dynamic decision support system for managing multiple reservoirs: a case study // *Expert systems with applications*. 82(3) – P. 145–163. (in Eng.).

Мухамбеткалиева А.К., Оразбаев Б.Б. (2018) Проблемы математического моделирования технологического комплекса магистральных нефтепроводов и подходы к их решению // *Поиск*. 4. С. 229 – 235.

Зыков В.В. (2018) Математическое моделирование и оптимизации процессов сбора, подготовки и транспортировки нефти и газа. Тюмень: ТПУ. 2-изд 208 с.

Шумский В.М., Зырянова Л.А. (2019) Инженерные задачи в нефтепереработке и нефтехимии. -М.: Химия, 3-изд. 380 с.

#### REFERENCES:

Aliev R.A., Tserkovny A.E., Mamedova G.A. (2017) Production management with fuzzy initial information. Moscow: Energoatomizdat, 2nd ed. 378 p. (in Russ.).

Orazbaev B.B. (2010) Mathematical methods for optimal planning and production management. -Almaty: Gylym, 307 p. (in Russ.).

Kuz'min V.B., Travkin S.I. (2012) The theory of fuzzy sets in control problems and in principles for organizing fuzzy processors. A survey of foreign literature // *Automation and Remote Control*, 53(11). P. 1649–1678. (in Eng.).

Emelyanov S.V., Larichev O.I. (2016) Multicriteria decision making methods. -M.: Knowledge, 88 p. (in Russ.).

Groppen V.O. (2018) Principles of reference-aided decision making // *Automation and Remote Control*. 67(4). P. 660-675. (in Eng.).

Grebenyuk G.G. (2016) Mathematical modeling as a decision tool in the control of urban heat supply // *Automation and Remote Control*. 58(5). P. 805-812. (in Eng.).

Dimitriadi G.G., Larichev O.I. (2017) Decision Support System and the ZAPROS-

III Method for Ranking the Multiattribute Alternatives with Verbal Quality Estimates // *Automation and Remote Control*. 63(8). P. 1322-1335. (in Eng.).

Orazbayev B., Moldasheva Zh., Orazbayeva K., Makhatova V., Kurmangaziyeva L., Gabdulova A. (2021) Development of mathematical models and optimization of operation modes of the oil heating station of main oil pipelines under conditions of fuzzy initial information. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6: 2(114), 147–162. (in Eng.).

Orlovsky S.A. (2018) Problems of decision making with fuzzy initial information. -M.: Science 2nd ed. 287 p. (in Russ.).

Zaichenko Yu.P. (2019) Operations research: fuzzy optimization. -Kiev: Vyscha school, 3rd ed. 355 p. (in Russ.).

Rademaker M., Bernard B. (2011) Aggregation of monotone reciprocal relations with application to group decision making // *Fuzzy Sets and Systems*. 184(3). P. 29–51. (in Eng.).

Ryzhov A.P. (2017) Fuzzy set theory and its applications. – Moscow State University. 115 p. . (in Russ.).

Liu Y., Rodríguez R.M., Martínez L. (2022) Interval Type-2 Fuzzy Envelope of Proportional Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set: Application to Large-Scale Group Decision Making. *Mathematics*, 10, 2368. <https://doi.org/10.3390/math10142368>. (in Eng.).

Markovskii A.V. (2018) Solution of Fuzzy Equations with Max-Product Composition in Inverse Control and Decision Making Problems // *Automation and Remote Control*. 64(9). P. 1486-1495. (in Eng.).

Orazbaev B.B., Mukhambetkalieva A.K. (2007) Tasks and methods of multi-criteria selection of optimal operating modes for oil pipeline facilities. Almaty: Evero, 138. (in Russ.).

Orazbaev B.B., Moldasheva Zh.Zh., La L.L., Orazbaeva K.N. Tuleuov Zh.N., Utenova B.E. (2022) Development of models of an oil heating station for main oil pipelines in conditions of fuzzy initial information. // *Bulletin of the National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan*. 1(83). -P.71-82. (in Russ.).

Baronets V.D., Grechikhin M.A. (2019) Constructions and representations of the membership function in expert systems // *Technical Cybernetics* 6(3). P. 156–160. (in Russ.).

Larichev O.I. (2002) Properties of the Decision Methods in the Multicriteria Problems of Individual Choice // *Automation and Remote Control*. 63 (2). P. 304-315. (in Eng.).

Sabzi H.Z. (2017) Developing an intelligent expert system for streamflow prediction, integrated in a dynamic decision support system for managing multiple reservoirs: a case study // *Expert systems with applications*. 82(3) – P. 145–163. (in Eng.).

Mukhanbetkalieva A.K., Orazbaev B.B. (2018) Problems of mathematical modeling of the technological complex of main oil pipelines and approaches to their solution // *Search*. 4. P. 229–235. (in Russ.).

Zykov V.V. (2018) Mathematical modeling and optimization of oil and gas gathering, treatment and transportation processes. Tyumen: TPU. 2nd edition 208 p. (in Russ.).

Shumsky V.M., Zyryanova L.A. (2019) Engineering tasks in oil refining and petrochemistry. -M.: Chemistry, 3rd ed. 380 p. (in Russ.).

## 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> МҮНАЙ 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.