

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
PHYSICS AND INFORMATION TECHNOLOGY

2 (346)

APRIL – JUNE 2023

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 ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының м.а. (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

МАМЫРБАЕВ Өркен Жұмажанұлы, ақпараттық жүйелер мамандығы бойынша философия докторы (Ph.D), ҚР БҒМ Ғылым комитеті «Ақпараттық және есептеуші технологиялар институты» РМК жауапты хатшысы (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәділұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), **Н=7**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика және информатика 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: *физика және 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, 2023

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

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

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

МАМЫРБАЕВ Оркен Жумажанович, доктор философии (PhD) по специальности Информационные системы, ответственный секретарь РГП «Института информационных и вычислительных технологий» Комитета науки МОН РК (Алматы, Казахстан), **Н=5**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), **Н=7**

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), **Н=3**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«Известия НАН РК. Серия физика и информатики».

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 физика и 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, 2023
Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

EDITOR IN CHIEF:

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

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

MAMYRBAYEV Orken Zhumazhanovich, Ph.D. in the specialty information systems, executive secretary of the RSE “Institute of Information and Computational Technologies”, Committee of Science MES RK (Almaty, Kazakhstan) **H=5**

EDITORIAL BOARD:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), **H=7**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Series of physics and informatics.

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 physics and 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, 2023

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 2. Number 346 (2023). 154–171
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1726.191>

UDC 665.733.3: 519.816

© **M. Kabibullin¹, B. Orazbayev¹, K. Orazbayeva^{2*}, S. Iskakova³,
Zh. Amanbayeva³, 2023**

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

²Esil University, Astana, Kazakhstan;

³Atyrau Oil and Gas University, Atyrau, Kazakhstan.

E-mail: madyar_kabibullin@mail.ru

DEVELOPMENT OF MODELS OF UNITS OF COMPLEX CHEMICAL-TECHNOLOGICAL SYSTEMS UNDER CONDITIONS OF DEFICIENCY AND FUZZY OF INITIAL INFORMATION

Kabibullin M.D. — doctoral student of the Department of System Analysis and Control, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str.2A, Astana, Kazakhstan

E-mail: madyar_kabibullin@mail.ru. ORCID: 0000-0002-3972-7894;

Orazbayev B.B. — doctor of technical sciences, academician of the Engineering academy of the republic of Kazakhstan, professor of the department of System analysis and Control, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str.2A, Astana, Kazakhstan

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

Orazbayeva K.N. — doctor of technical sciences, professor of the department Management, Esil University, Zhubanov str.7, Astana, Kazakhstan

E-mail: kulman_o@mail.ru. ORCID: 0000-0002-1741-7553;

Iskakova S.Sh. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Information Technologies, Atyrau Oil and Gas University, Baymukhanov str.45A, Atyrau, Kazakhstan

E-mail: iskakova_sh@mail.ru. ORCID: 0000-0002-6589-854X;

Ananbayeva Zh.Sh. — Senior Lecturer of Information Technologies, Atyrau Oil and Gas University, Baymukhanov str.45A, Atyrau, Kazakhstan

E-mail: zhak-7777@mail.ru. ORCID: 0009-0005-2200-4453.

Abstract. Based on the methodology of system analysis, an integrated approach is developed in the work, which allows creating a system of models of interconnected aggregates of complex chemical-technological systems (CTS), characterized by a deficit and fuzziness of the initial information. The developed method is based on the evaluation of models that can be created for individual CTS units, using expert evaluation methods based on selected criteria, determining the most effective type of model and building it based on the available information. Based on the available information of a different nature, a block diagram of the proposed system method for creating models of CTS units is constructed and described. In the proposed

method, an effective model is created depending on the type of information of a different nature about the state and modes of operation of each unit and the value of the integral criteria for evaluating models. Then the created models are integrated into a single system of models, taking into account the interconnections of the CTS units and the flows of technological processes occurring in them. The proposed system method allows you to create deterministic models based on analytical methods, statistical models using experimental statistical methods and fuzzy or linguistic models using the methods proposed in this paper. Fuzzy models will be created in the form of fuzzy regression equations (when the input parameters of the object are clear, and linguistic models (when both the input and output parameters of the object are fuzzy will be developed based on the rules of logical conditional inference. The novelty of the proposed system method, which is being developed to create models of interconnected aggregates of CTS aggregates in conditions of scarcity and fuzziness of the initial information, lies in its synergistic effect and the emergence property, which make it possible to carry out system modeling of CTS.

Keywords: chemical-technological system, model system, fuzzy model, linguistic model, system method, membership function

© М.Д. Кабибуллин¹, Б.Б. Оразбаев¹, К.Н. Оразбаева^{2*}, С.Ш. Искакова³,
Ж.Ш. Аманбаева³, 2023

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

²Esil University, Астана, Қазақстан;

³С. Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті,
Атырау, Қазақстан.

E-mail: madyar_kabibullin@mail.ru

КҮРДЕЛІ ХИМИЯЛЫҚ-ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕР АГРЕГАТТАРЫНЫҢ МОДЕЛЬДЕРІН БАСТАПҚЫ АҚПАРАТТЫҢ ЖЕТІСПЕУШІЛІГІ МЕН АЙҚЫНСЫЗДЫҒЫ ЖАҒДАЙЫНДА ҚҰРУ

Кабибуллин М.Д. — Жүйелік талдау және басқару кафедрасының докторанты, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш. 2А, Астана қ., Қазақстан

E-mail: madyar_kabibullin@mail.ru. ORCID: 0000-0002-3972-7894;

Оразбаев Б.Б. — техника ғылымдарының докторы, Қазақстан Республикасы Инженерлік академиясының академигі, Жүйелік талдау және басқару кафедрасының профессоры, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш. 2А, Астана қ., Қазақстан
E-mail: batyr_o@mail.ru. ORCID: 0000-0003-2109-6999;

Оразбаева К.Н. — техника ғылымдарының докторы, Менеджмент кафедрасының профессоры, Esil University, Жұбанов көш. 7, Астана қ., Қазақстан
E-mail: kulman_o@mail.ru. ORCID: 0000-0002-1741-7553;

Искакова С.Ш. — техника ғылымдарының кандидаты, Ақпараттық технологиялар факультетінің қауымдасқан профессоры, С. Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті, Баймуханов көш. 45а, Атырау қ., Қазақстан
E-mail: iskakova_sh@mail.ru. ORCID: 0000-0002-6589-854X;

Аманбаева Ж.Ш. — Ақпараттық технологиялар факультетінің аға оқытушысы, С. Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті, Баймуханов көш. 45а, Атырау қ., Қазақстан
E-mail: zhak-7777@mail.ru. ORCID: 0009-0005-2200-4453.

Аннотация. Жұмыста жүйелік талдау методологиясы негізінде бастапқы ақпараттарының тапшылығы және айқын еместігімен сипатталатын күрделі химиялық-технологиялық жүйелердің (ХТЖ) өз ара байланысқан агрегаттарының модельдер жүйесін құруға мүмкіндік беретін кешенді тәсіл жасақталады. Жасақталатын тәсіл ХТЖ-дің жеке агрегаттарына құрылуы мүмкін модельдерін таңдалған критерийлер негізінде эксперттік бағалау тәсілі арқылы бағалап, ең тиімді модель түрін анықтап, оны қол жетімді ақпарат негізінде құруға негізделеді. Қолжетімді әр түрлі сипаттағы ақпарат негізінде ХТЖ агрегаттарының модельдерін құру үшін ұсынылатын жүйелік тәсілдің блок-сызбасы тұрғызылып, сипатталады. Ұсынылатын тәсілде әр агрегаттың күйі мен жұмыс режимдері жайлы түрлі сипаттағы ақпараттың түріне және модельдерді бағалаудың интегрленген критерийлерінің мәніне байланысты тиімді модель құрылады. Содан кейін құрылған модельдер ХТЖ-дің агрегаттарының өз ара байланыстың мен оларда жүретін технологиялық процесстердің ағындарын ескере отырып бір модельдер жүйесіне біріктірілді. Ұсынылатын жүйелік тәсіл аналитикалық тәсілдер негізінде детерминдік модель, эксперименталдық-статистикалық тәсілдері көмегімен статистикалық модельдер және осы жұмыста ұсынылатын тәсілдер көмегімен айқын емес немесе лингвистикалық модельдер құруға мүмкіндік береді. Айқын емес модель (нысанның кіріс параметрлері айқын, ал шығыс параметрлері айқын емес болғанда) айқын емес регрессиялық теңдеулер түрінде, ал лингвистикалық модельдер (нысанның кіріс және шығыс параметрлері айқын емес болғанда) логикалық шартты қорытындалау ережелері негізінде құрылатын болады. Ұсынылатын ХТЖ-дің өз ара байланысқан агрегаттарының модельдерін бастапқы ақпарат тапшылығы мен айқынсыздығы жағдайында құруға әзірленетін жүйелік тәсілдің жаңашылдығы оның ХТЖ-ді жүйелік модельдеуге мүмкіндік беретін синергизм эффектісі мен эмердженттік қасиетінің болуында.

Түйін сөздер: химиялық-технологиялық жүйе, модельдер жүйесі, айқын емес модель, лингвистикалық модель, жүйелік тәсіл, тиістілік функция

© М.Д. Кабибуллин¹, Б.Б. Оразбаев¹, К.Н. Оразбаева^{2*}, С.Ш. Искакова³,
Ж.Ш. Аманбаева³, 2023

¹ Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,
Астана, Казахстан;

² Esil University, г. Астана, Казахстан;

³ Атырауский университет нефти и газа им. С. Утебаева, Атырау, Казахстан.
E-mail: madyar_kabibullin@mail.ru

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ АГРЕГАТОВ СЛОЖНЫХ ХИМИКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА И НЕЧЕТКОСТИ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Кабибуллин М.Д. – докторант кафедры Системного анализа и управления Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева 2А, Астана, Казахстан
E-mail: madyar_kabibullin@mail.ru. ORCID: 0000-0002-3972-7894;

Оразбаев Б.Б. – академик Инженерной академии Республики Казахстан, профессор кафедры Системного анализа и управления, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева 2А, Астана, Казахстан
E-mail: batyr_o@mail.ru. ORCID: 0000-0003-2109-6999;

Оразбаева К.Н. – доктор технических наук, профессор кафедры Менеджмента, Esil University, ул. Жубанова 7, Астана., Казахстан
E-mail: kulman_o@mail.ru. ORCID: 0000-0002-1741-7553;

Искакова С.Ш. – кандидат технических наук, ассоциированный профессор факультета Информационных технологий, Атырауский университет нефти и газа имени С. Утебаева, ул. Баймухановаш. 45а, Атырау, Казахстан
E-mail: iskakova_sh@mail.ru. ORCID: 0000-0002-6589-854X;

Аманбаева Ж.Ш. – старший преподаватель факультета Информационных технологий, Атырауский университет нефти и газа имени С. Утебаева, ул. Баймуханова, 45а, Атырау, Казахстан
E-mail: zhak-7777@mail.ru. ORCID: 0009-0005-2200-4453.

Аннотация. В работе на основе методологии системного анализа разрабатывается комплексный подход, позволяющий создать систему моделей взаимосвязанных агрегатов сложных химико-технологических систем (ХТС), характеризующиеся дефицитом и нечеткостью исходной информации. Разрабатываемый метод основан на оценке моделей, которые могут быть созданы для отдельных агрегатов ХТС с использованием методов экспертной оценки на основе выбранных критериев, определении наиболее эффективного типа модели и построении ее на основе имеющейся информации. На основе доступной информации различного характера строится и описывается блок-схема предлагаемого системного метода создания моделей агрегатов ХТС. В предлагаемом методе эффективная модель создается в зависимости от вида информации разного характера о состоянии и режимах работы каждого агрегата и значения интегральных критериев оценки моделей. Затем созданные модели интегрируются в единую систему моделей с учетом взаимосвязей агрегатов ХТС и потоков протекающих в

них технологических процессов. Предлагаемый системный метод позволяет создать детерминированные модели на основе аналитических методов, статистических моделей с использованием экспериментально-статистических методов и нечетких или лингвистических моделей с использованием методов, предложенных в данной работе. Нечеткие модели будут создаваться в виде уравнений нечетких регрессий (когда входные параметры объекта четкие, а лингвистические модели (когда и входные, и выходные параметры объекта нечеткие) будут разработаны на основе правил логического условного вывода. Новизна предлагаемого системного метода, разрабатываемого для создания моделей взаимосвязанных агрегатов агрегатов ХТС в условиях дефицита и нечеткости исходной информации, заключается в его эффекте синергизма и свойстве эмерджентности, позволяющие проводить системное моделирование ХТС.

Ключевые слова: химико-технологическая система, система моделей, нечеткая модель, лингвистическая модель, системный метод, функция принадлежности

Кіріспе

Мұнай өңдеу, химия, металлургия тағы басқа өндіріс салаларының негізгі технологиялық процесстері күрделі химиялық-технологиялық жүйеде (ХТЖ) жүреді. Мұндай ХТЖ шикізатты дайындауға, химиялық түрлендіруге, аралық және мақсаттық өнімдерді алуға арналған технолологиялық процесстердің тізбегі жүретін өз-ара байланысқан, біртұтас жүйе ретінде жұмыс жасайтын агрегаттардың жиынтығы болып табылады. Әдетте өндірістік жағдайда ХТЖ-дің математикалық модельдерін құрып, оптимизациялауға және басқаруға қажетті ақпараттардың тапшылығы және айқынсыздығымен сипатталады (Липин, 2018; Плановский, 2020; Ушева, 2019). Математикалық модельдеу ХТЖ-ді зерттеу, олардың жұмыс режимдерін оптимизациялау және басқару үшін қолданатын негізгі тәсілдердің бірі болып табылады. Қазіргі компьютерлік техниканың дамыған кезінде математикалық модельдер негізінде компьютерлік модельдеу ХТЖ-дің оптималды жұмыс режимдерін табудың, оларды басқарудың ең тиімді, көрнекті және көрнекі құралы ретінде саналады (Ovechkin, 2018; Orazbayev, 2018). ХТЖ-дің оптималды жұмыс режимдерін анықтау және тиімді басқару үшін, олардың өз ара байланысқан агрегаттарының модельдері пакетін қолдану қажет.

Ғылыми әдебиеттерде осы кезге дейін ХТЖ-дің өз ара байланысқан агрегаттарының модельдерінің пакетін анықсыздық жағдайда құру сұрақтары әлі де толықтай зерттеліп шешілмеген мәселелердің бірі болып табылады. Сондықтан бұл жұмыстың негізгі мақсаты бастапқы ақпараттың тапшылығымен және айқынсыздығымен сипатталатын күрделі ХТЖ-дің өз ара байланысқан агрегаттарының модельдерін құрып, бір пакетке біріктіру сұрақтарын зерттеп, оларды шешудің жүйелі тәсілін ұсыну болап табылады.

ХТЖ-дің түрлі агрегаттарының құру сұрақтары зерттелген жұмыстар талдау жасап, оларда шешілмей қалған сұрақтарды қарастырайық. Мұнай өңдеу және басқа өндіріс салаларының түрлі ХТЖ-нін математикалық модельдеу сұрақтары Кафаров тағы басқалары (Kafarov, 2018), Жоров (Zhorov, 2015) және Mohaddec (Mohaddecu, 2006) еңбектерінде қарастырылған. Бұл және тағы басқа зерттеулерде каталитикалық риформинг және басқа ХТЖ агрегаттарында өтетін типтік процесстердің теориялық зерттеулер мәліметтері мен процесстердің кинетикасына негізінде детерминді модельдері ұсынылған. Бұл жұмыстарда зерттелген ХТЖ-дің жеке агрегаттары мен элементарлық процесстердің детерминді модельдері масса және энергия сақталу заңдарына негізделгендіктер әмбебап болып табылады және олардың артықшылықтарына жатады. Алайда мәселе мынада, аталған модельдер тек типтік процесстерді сипаттайды және олар агрегаттардың байланыстары мен өз ара әсерлерін, сондай-ақ бастапқы ақпараттың тапшылығы мен айқынсыздығын ескермейді. Сондықтан мұндай модельдерді оларды құруға қажетті ақпарат жетіспеушілігі мен айқынсыздығы жағдайында құру мүмкін емес және мұндай модельдер ХТЖ жұмысын жүйеле модельдеуге жарамсыз.

Pinheiro және басқалары каталитикалық риформинг процесі жүретін ХТЖ-нің риформингтеу реакторының жұмысын модельдеу мен басқару тәсілдерін өздерінің зерттеулерінде ұсынған (Pinheiro, 2018). Бірақ бұл жұмыста риформинг реакторының моделі каталитикалық риформинг процесі жүретін ХТЖ-нің пеші, колонналары сияқты басқа агрегаттарымен байланысын ескермейді. Сондықтан аталған жұмыста ұсынылған риформинг реакторының моделі ол реактор жұмысын модельдеу мен оптимизациялауға жарамды болғанымен, тұтастай каталитикалық риформинг қондырғысының жұмысын жүйелі модельдеу мен оптимизациялауға жарамсыз. Стохастикалық тәсілдеме негізінде ХТЖ технолоргиялық агрегаттарын басқару тәсілдері Coleman және Babu (Coleman, 2018) жұмыстарында зерттелген. Ал Bequette еңбегінде (Mircea, 2019) статистикалық модельдер негізінде ХТЖ-дің түрлі агрегаттарында өтетін технологиялық процесстерді басқару мәселелері зерттелген. Мұндай статискалық модельдер күрделі нысандар жұмысын оптимизациялау мен басқаруға жарамды. Мұндай модельдерді құру үшін нысандардың жұмысы жайында сенімді статистикалық деректердердің массивы, мұндай деректерді жинау үшін көптеген эксперименттер жүргізу және оларды дұрыс өңдеу қажет. Алайда айқынсыздықпен сипатталатын Атырау мұнай өңдеу зауыты каталитикалық риформинг қондырғысы сияқты көптеген күрделі ХТЖ үшін мұндай эксперименттер, модель құруға қажетті кейбір маңызды параметрлер өлшенбейтіндіктен, мүмкін емес.

ХТЖ жеке агрегаттарының жұмыс режимдерін оптимизациялауға мүмкіндік беретін және ол агрегаттардың модельдеріне негізделген түрлі басқару жүйелері белгілі. Мысалы (Keller, 2020) жұмыстың авторлары модельдер негізінде крекинг реакторлары шығысындағы температураның оптималды

таралуын анықтауға мүмкіндік беретін каталитикалық процесстерді басқару жүйесін жасақтаған, ал Gumen (Gumen, 2019) каталитикалық риформинг қондырғысының тұрақтандыру блогында бензин сапасын басқару жүйесін ұсынған. Модельдер негізінде ХТЖ-де жүретін технологиялық процесстерді жағдаяттық басқаруды қодану сұрақтарын Поспелов (Pospelov, 2018) жұмысында қарастырылған. Қарастырылған басқару жүйелері ХТЖ-дің агрегаттарының жұмыс режимдері мен оларда жүретін процесстерді детерминдіә немесе стохастикалық жағдайларда оптимизациялауға мүмкіндік береді, бірақ ол модельдер мен басқару жүйелері бастапқы ақпараттардың айқынсыздығы жағдайларында тиімсіз немесе жарамсыз.

Dzhambekov тағы басқалары (Dzhambekov, 2018), Keller мен Gorak (Keller, 2019) және Алиев тағы басқалары (Алиев, 2018) жұмыстарында бастапқы ақпараттың кей бөлігінің айқынсыздығы жағдайында ХТЖ агрегаттарының модельдерін құру және олардың негізінде агрегаттардың жұмыс режимдерін басқару тәсілдемелері зерттеліп, ұсынылған. Бұл ұсынылған тәсілдемелері эксперттік бағалау және айқын емес жиындар тәсілдерін қолдануға негізделген. Бұл тәсілдер нысанның шығыс параметрлері айқын емес, ал кіріс параметрлері айқын болған жағдайларда α деңгейлі жиындар негізінде нысандардың айқын емес модельдерін құруға мүмкіндік береді. Бірақ бұл және омы сияқты тәсілдерде нысанның барлық кіріс және шығыс параметрлері айқынсыз болғанда ол нысандардың лингвистикалық модельдерін құру сұрақтары ашшылмаған. Ал шынайы практикада көптеген ХТЖ-дің лингвистикалық модельдерін құруға тура келеді. Соныме, қатар аталған (Dzhambekov, 2018; Keller, 2019; Алиев, 2018) жұмыстарында ХТЖ-дің өз ара байланысқан агрегаттарының модельдері пакеттерін құру сұрақтары қарастырылмаған.

Сонымен зертеу жұмытарын талдау нәтижелері ХТЖ-дің жеке агрегаттарының математикалық модельдерін құрудың белгілі тәсілдері дәстүрлі аналитикалық және эксперименталдық-статистикалық тәсілдеріне негізделген, ХТЖ агрегаттарының өз ара байланысқан модельдер пакетін құру және оларды жүйелі модельдеу мәселелерін шешпейді. Бұл мәселелерді шешу үшін жүйелік талдау, эксперттік бағалау және айқын емес жиындар тәсілдеріне негізделген, күрделі айқынсыздықпен сипатталатын ХТЖ-дің жұмыс режимдерін модельдеу мен оптимизациялаудың жүйелі тәсілін құрып, қолдану қажет. Бұл жұмыс ХТЖ өз ара байланысқан агрегаттарының модельдері пакетін құруға мүмкіндік беретін жүйелі тәсілді құруға бағытталған. Жеке технологиялық нысандардың модельдерін құрудың белгілі тәсілдерінен ұсынылатын жүйелік тәсілдің айырмашылығы, ол қол жетімді түрлі сипаттағы ақпараттар негізінде ХТЖ-дің өз ара байланысқан агрегаттарының модельдер пакетін құруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар ұсыныллатын жүйелік тәсіл ХТЖ агрегаттарының белгілі математикалық модельдермен қатар айқын емес, лингвистикалық, гибридтік модельдерін құрып, бір пакетке біріктіруге мүмкіндік береді.

Зерттеу мақсаты мен міндеттері және тәсілдері

Зерттеу мақсаты ХТЖ жұмысын жүйелі модельдеу үшін, олардың өз ара байланысқан агрегаттарының модельдері пакетін бастапқы ақпараттың жетіспеушілі және айқынсыздығы жағдайында құруға мүмкіндік беретін жүйелі тәсіл жасақтау. Қойылған мақсатқа жету үшін келесі зерттеу міндеттері қойылып шешіледі:

ХТЖ жеке агрегаттарының құрылуы мүмкін модельдері түрін анықтау және оларды тиімді құру тәсілдерін таңдау не жасақтау;

ХТЖ агрегаттары жағдайы, жұмыс жайындағы бастапқы ақпараттың айқынсыздығы деңгейіне байланысты, олардың модельдерін құру әдістемесін анықтау;

Агрегаттардың нақты бір моделін құруға қажетті ақпараттың тапшылығы жағдайында, қол жетімді түрлі ақпарат негізінде олардың гибриді, құрымдалған моделін құру әдістемесін ұсыну;

Түрлі қол жетімді ақпарат негізінде құрылатын жеке агрегаттардың модельдерін бір модельдер пакетіне біріктіру принципін әзірлеу.

Зерттеу барысында ХТЖ-дің жеке агрегаттарының модельдерін құруда олардың жұмысы мен жағдайын сипаттайтын қол жетімді ақпараттың түріне байланысты модель құрудың түрлі белгілі тәсілдері, және ақпараттың тапшылығы мен айқынсыздығы жағдайында осы жұмыста жүйелендіріліп, ұсынылған тәсілдер қолданылады.

Жұмыста ХТЖ агрегаттары жұмыс жайында теориялық мәліметтер не статистикалық деректер жеткілікті болса, сәйкесінше детерминді модель құруға арналған аналитикалық тәсілдер (Кафаров, 2018; Жоров, 2015; Sharikov, 2018) мен эксперименталдық-статистикалық тәсілдер (Zhi-Wen, 2018; Карманов, 2019) пайдаланылады. Ал айқын емес эксперттік ақпаратты алу және өңдеу үшін эксперттік бағалау тәсілдері (Гуцыкова, 2017; Jorgensen, 2019; Sabzi, 2017) мен айқын емес жиындар теориясының тәсілдері (Рыжов, 2017; Zimmermann, 2018) қолданылады. Сонымен қатар бұл жұмыста түрлі сипаттағы ақпараттар негізінде модельдер пакетін құру және жүйелік модельдеуді қамтамасыз ету үшін жүйелік талдау тәсілдері де қолданылған (Pavlov, 2016; Reverberi, 2019).

Зерттеу нәтижелері

Зерттеу барысында каталитикалық риформинг блогы сияқты күрделі және кейбір параметрлері айқынсыздықпен сипатталатын ХТЖ-дің өз ара байланысқан агрегаттарының модельдері пакетін құру тәсілін қарастырып, сипаттамасын иелендірілді.

Заманауи компьютерлер көмегімен ХТЖ жұмыс режимін модельдеу арқылы олардың түрлі жұмыс режимдерінің нәтижелерін жылдам және қажетті дәлдіпен анықтауға және оларды басқаруға болады. Мұндай компьютерлік жүйелер көмегімен ХТЖ-ден алынатын өнімдердің көлемі мен сапаларын есептеуге, сондай-ақ оларды жақсартудың резервтерін анықтауға

болады. Ол үшін әрине ХТЖ-ді жүйелі модельдеу қажет, ал оны жүзеге асыру үшін зерттелетін ХТЖ-дің жеке агрегаттарының бір пакетке біріктірілген модельдер жүйесін тұрғызу керек.

Бірінші кезекте зерттеу нәтижесін алуға қажетті шарттар мен негіздемелерді келтірейік. Әдетте математикалық модельдер, құрылатын модельді қанлай мақсатқа қолданалытына, яғни модельдеу мақсатына байланысты жасақталады. Сондықтан ХТЖ-дің модельдер пакетін құру процесінде ол модельдердің жүйелі модельдеу арқылы ХТЖ-де алынатын мақсаттық өнімдердің шығысын барынша арттыру және олардың сапа көрсеткіштерін жақсартуға жарамдығын ескерген жөн. Сонымен қатар басқару критерийлері ретінде өндірістің экологиялық көрсеткіштері және басқалары да анықталуы мүмкін. Сол себептен құрылатын модель, қойылған шектеулерді ескере отырып, өндірісті басқару критерийлер векторы бойынша тиімді шешім қабылдауды қамтамасыз етуі шарт..

Модельдеу мақсаты, басқару критерийлері және шектеулер анықталғаннан анықталған кейін ХТЖ-дің әр агрегаттарының модельдерін құру мәселесі туындайды. Бұл жерде нысанның нақты моделі сол модельді құруға қажетті ақпараттыр жеткілікті болғанда құрылуы мүмкін екен атап өткен жөн. Ол ақпараттар негізінде зерттеу нысанының модельдерін құрылымдық және параметрлік идентификациялау есептері шешіледі.

Бастапқы ақпараттардың тапшылығы мен айқынсыздығы жағдайында күрделі ХТЖ-дің өз ара байланысқан агрегаттарының модельдері пакетін құруға ұсынылған жүйелік тәсілінің негізгі кезеңдерінің блок-сызбасы сурет 1-де келтірілген.

Ұсынылған жүйелі тәсілді негізгі блоктары бойынша жете сипаттамасын келтірейік.

Тәсілдің 2-ші блогында зерттелетін ХТЖ-нің күйі, оның жұмысы жайлы ақпарат, оның жұмыс режиміне, шығысына әсер ететін кіріс, режимдік параметрлері векторы $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_n)$ анықталып, ендіріледі. Сонымен қатар бұл блокта ХТЖ-нің және оның агрегаттарының бақыланытын, басқарылатын шығыс параметрлері, оның жұмыс сапасын сипаттайтын критерийлер векторы $\mathbf{y} = (y_1, \dots, y_m)$ анықталады. Шынайы өндірістік жағдайда аталған векторлардың бір бөлігі не толықтай айқын емес, яғни $\tilde{\mathbf{x}} = (\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_n)$ және $\tilde{\mathbf{y}} = (\tilde{y}_1, \dots, \tilde{y}_m)$ болуы мүмкін.

3 және 4 блоктарда ХТЖ мен оның агрегаттары (элементтері) сипаттамалы мен байланыстарын жүйелік талдау, модельдеу мақсатын, сондай-ақ әр агрегатқа құрылуы мүмкін және тиімді болатын модельдерді бағалдау критерийлерін анықтау жүзеге асырылады.

5-ші блокта алдыңғы блокта анықталған критерийлер негізінде ХТЖ агрегаттарының құрылуы мүмкін модельдер типін эксперттік бағалау арқылы әр агрегатқа құрылуы тиімді модель типін таңдау орындалады.

6-шы блоктан ХТЖ агрегаттарының қол жетімді ақпарат сипатына

байланысты таңдалған тиімді модельдерін құру процедурасы басталады. Қай агрегатқа қандай модель типін құру тиімді екенін анықтау үшін эсперттік бағалау нәтижелері баллдық жүйеде анықталатындықтан, әр агрегатқа әр модельдің бағалары қосылып, интегрленген критерийдің мәні анықталады. Содан кейін келесі шарттар тексеріледі.

Егер теориялық мәліметтер модель құруға жеткілікті және интегрленген критерий мәні бойынша детерминді модель максималды мәнге ие болса (блок 7), онда аналитикалық тәсілдер көмегімен ХТЖ-нің қарастырылған агрегатының детерминді моделі құрылады (блок 8).

Детерминді модель құру мүмкін емес немесе тиімсіз болса 9-шы блокта келесі шарт тексеріледі.

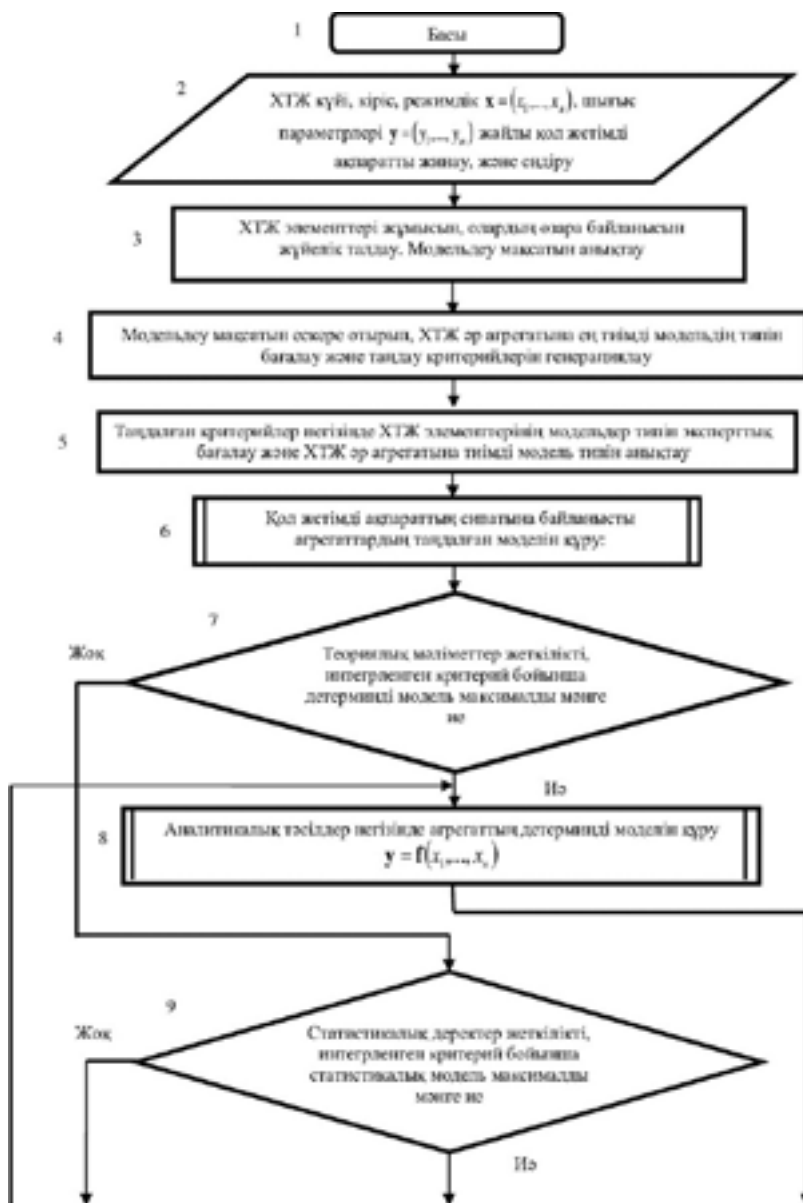
Егер ХТЖ-нің агрегаты жұмысы жайлы дұрыс статистикалық мәліметтер қажетті көлемі жеткілікті не қол жетімді және интегрленген критерий мәні бойынша статистикалық модель ең үлкен мәнге ие болса, онда онда эксперименталдық-статистикалық негізінде агрегаттың статистикалық моделі құрылады (блок 10). Бұл блокта модельдің құрылымы регрессорларды тізбектей қосу тәсілі негізінде идентификациялауға болады. Ал алынған регрессорлық модельдердің параметрлерін идентификациялау үшін белгілі ең кіші квадраттар тәсілі арқылы жүзеге асыруға болады.

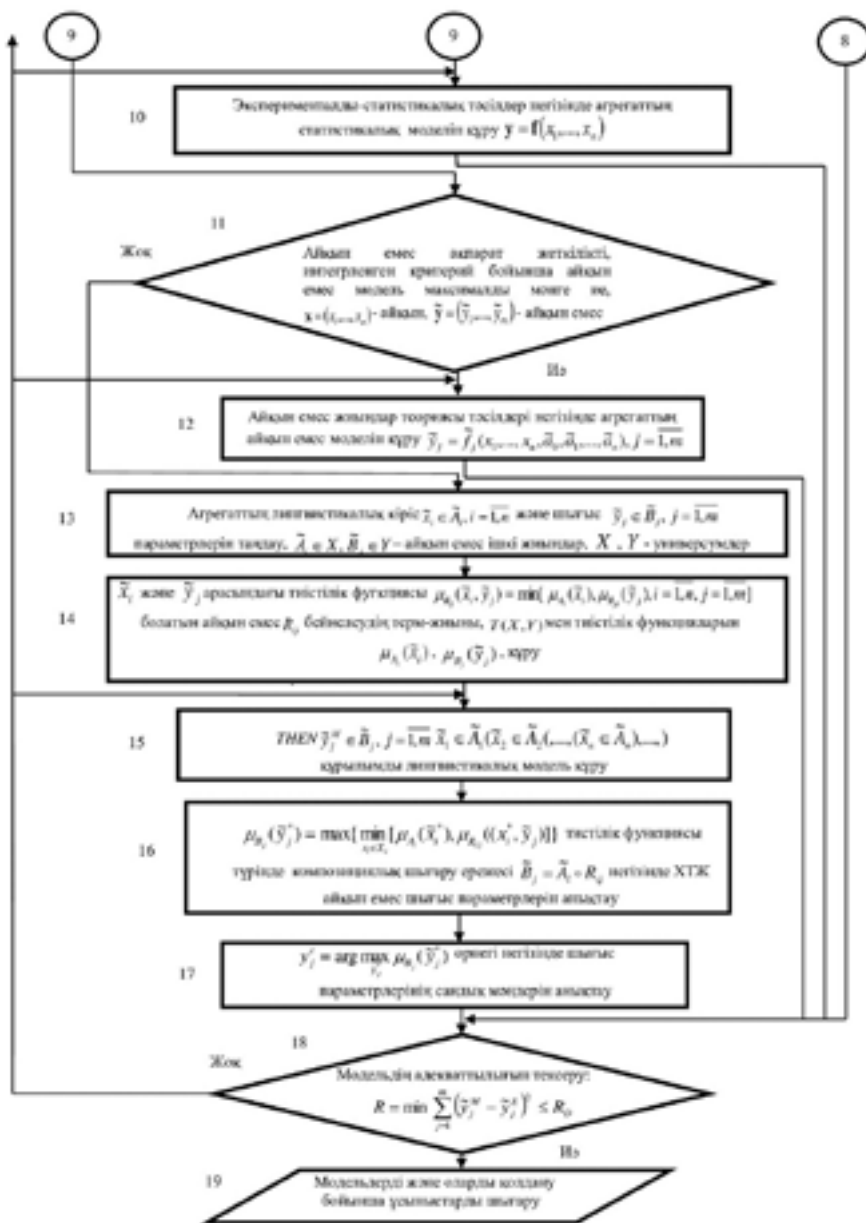
9-шы блоктағы шарт орындалмаса, онда 11-ші шартты блогында келесі шарт тексеріледі.

Егер ХТЖ-нің агрегаты параметрлері жайлы айқын емес ақпарат жеткілікті не қол жетімді, интегрленген критерий мәні бойынша айқынсыздықты модель құру максималды мәнге, ал векторлар $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_n)$ - айқын, ал $\tilde{\mathbf{y}} = (\tilde{y}_1, \dots, \tilde{y}_m)$ - айқын емес болса, онда 12-блокта айқын емес модель құрылады. Бұл блокта агрегаттың кірісі мен шығысын сипаттайтын айқын кіріс, режимдік параметрлері және айқын емес параметрлері таңдалады. Айқын емес модельдердің құрылымы $\tilde{y}_j = \tilde{f}_j(x_1, \dots, x_n, \tilde{a}_0, \tilde{a}_1, \dots, \tilde{a}_n)$, $j = \overline{1, m}$ құрылымы айқын емес көпкратсиялық тендеулер түрінде регрессорларды тізбектей қосу әдісі көмегімен анықтауға болады:

$$\tilde{y}_j = \tilde{a}_{0j} + \sum_{i=1}^n a_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^n \sum_{k=i}^n a_{ikj} x_{ij} x_{kj}, j = \overline{1, m}.$$

Айқын емес модельдің құрылымы анықталғаннан кейін оның айқын емес параметрлерін идентификациялау есебі шешіледі, яғни, $\tilde{a}_0, \tilde{a}_1, \dots, \tilde{a}_n$ айқын емес регрессиялық коэффициенттер бағаланады. Бұл параметрлік идентификациялау есебін α деңгейлі жиын негізінде модификацияланған ең кіші квадраттар тәсілі көмегімен шешуге болады.





Сурет 1 – Қолжетімді әр түрлі сипаттағы ақпарат негізінде ХТЖ модельдерін құрудың жүйелік тәсілінің блок-сызбасы

Егер 9-шы блокта шарты тексерілгенде егрегаттың кіріс, режимдік және шығыс параметрлері векторлары айқын емес, яғни $\tilde{x} = (\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_n)$ және $\tilde{y} = (\tilde{y}_1, \dots, \tilde{y}_m)$ болса, онда 13-ші блокта агрегаттың лингвистикалық моделі құрылады.

13-ші блокта лингвистикалық модельді құру үшін ХТЖ агрегатының айқын емес шығысына $\tilde{y}_j \in \tilde{B}_j, j = \overline{1, m}$ әсер ететін кіріс, режимдік $\tilde{x}_i \in \tilde{A}_i, i = \overline{1, n}$ параметрлері анықталады. Бұл параметрлерлер лингвистикалық айнымалылар арқылы сипатталады мұнда $\tilde{A}_i \in X, \tilde{B}_j \in Y$ – айқын емес ішкі жиындар, X, Y – әмбебап жиындар. Содан соң эксперттік бағалау тәсілдері арқылы агрегаттың айқын емес параметрлерін сипаттайтын терм-жинақтар $T(X, Y)$ анықталады және оның айқынсыз параметрлерінің тиістілік функциялары $\mu_{A_i}(\tilde{x}_i), i = \overline{1, n}, \mu_{B_j}(\tilde{y}_j), j = \overline{1, m}$ құрылады.

Айқынсыздықта мұнай өңдеу өндірісінің ХТЖ-ін модельдеу тәжірибесі негізінде айқын емес параметрлерді формалды сипаттайтын тиістілік функцияның келесі бейімделетін коэффициенттері бар құрылымы ұсынуға болады:

$$\mu_{B_j}^p(\tilde{y}_j) = \exp(Q_{B_j}^p \left| (y_j - y_{mdj})^{N_{B_j}^p} \right|), \quad (1)$$

Айқын емес параметрлердің тиістілік функциясының ұсынылған өрнегінде (1) енгізілген белгілемер: $\mu_{B_j}^p(\tilde{y}_j)$ - агрегаттың айқын емес шығыс параметрлерінің \tilde{B}_j -айқын емес ішкіжиынына тиістілік функциясы; p терм нөмері; $Q_{B_j}^p$ - тиістілік функцияның 0.5 деңгейінде идентификациялау барысында анықталатырн коэффицент; $N_{B_j}^p$ -айқынсыз параметрлердің термдерінің тиістілік функциясының анықталу облысын сипаттайтын коэффицент; y_{mdj}^p - анықталған p термге ең сәйкес келетін айқын емес айнымалы. Бұл айнымалы келесі шарттан анықталады $\mu_{B_j}(y_{mdj}^p) = \max_j \mu_{B_j}(y_j)$.

Бұл блокта содан соң кіріс және шығыс лингвистикалық айнымалылар арасындағы байланыстар анықталады, яғни \tilde{x}_i және \tilde{y}_j арасында айқын емес бейнелеулер \tilde{R}_{ij} құралады. Бұл бейнелеулерді есептеулерді қолдану ыңғайлылығы болу мақсатында олар келесі тиістілік функциялары арқылы байланысатар матрицасы түрінде келтіріледі (блок 14):

$$\tilde{\mu}_{\tilde{R}_{ij}}(\tilde{x}_i, \tilde{y}_j) = \min[\mu_{A_i}(\tilde{x}_i), \mu_{B_j}(\tilde{y}_j), i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}].$$

Лингвистикалық модельді келесідей логикалық қорытындылау ережелері түрінде құруға болады (блок 15):

$$IF \tilde{x}_1 \in \tilde{A}_1 (\tilde{x}_2 \in \tilde{A}_2 (\dots, (\tilde{x}_n \in \tilde{A}_n), \dots)) THEN \tilde{y}_j^M \in \tilde{B}_j, j = \overline{1, m}. \quad (2)$$

ХТЖ-нің зерттелетін агрегатының айқынсыз шығыс параметрлері мәндерін композициялық қорытынды $\tilde{B}_j = \tilde{A}_i \circ R_{ij}$ ережесінің арқылы анықтаға болады. Ол үшін шығыс айнымалыларының айқын емес мәндері максиминді

көбейтуді өрнектейтін тиістілік функциялар ретінде келедідей анықталады (блок 16):

$$\mu_{\tilde{B}_j}(\tilde{y}_j^*) = \max_{x_i \in X_i} \{ \min[\mu_{\tilde{A}_i}(\tilde{x}_i^*), \mu_{\tilde{R}_{ij}}((x_i^*, \tilde{y}_j^*))] \}. \quad (3)$$

Шығыс параметрлерінің сандық мәндерін $y_j^c, j = \overline{1, m}$ тиістілік функцияларды максималды мәндерінің аргументі ретінде келесі формула көмегімен анықтауға болады: $y_j^c = \arg \max \mu_{\tilde{B}_j}(\tilde{y}_j^*)$ (блок 17).

Егер де ХТЖ-нің агрегаттары күйін, жұмысын сипаттайтын теориялық мәліметтер, статистикалық деректер және айқын емес ақпарат жеткіліксіз немесе оларды жинау экономикалық тұрғыдан тиімсіз болса, онда түрлі тәсілге негізделген гибридік тәсіл негізінде құралымдалған (гибриді) модель құрылады. Бұл жағдайда құралымдалған модель түрлі сипаттағы қолжетімді ақпарат негізінде (теориялық, статистикалық, айқын емес) құрылады. Ол үшін нысанның белгілі бір параметрін сипаттау үшін әдістеменің жоғарыда сипатталған блоктарының әртүрлі комбинациялары қолданылады.

18-ші блокта құрылған модельдердің адекваттығы тексеріледі. Модель адекваттығын бағалау үшін келесі критерийді қолдануға болады:

$$R = \min \sum_{j=1}^m (y_j^M - y_j^E)^2 \leq R_D, \quad (4)$$

мұнда y_j^M и y_j^E – шығыс параметрлерінің модельдік және шынайы (эксперименталдық) мәндері; R_D – рұқсат етілген ауытқу.

Келтірілген (4) шарт орындалса, құрылған модель адекватты деп қабылданып, нысанның жұмыс режимдерін модельдеуге және оның тиімді жұмыс режимдерін анықтау үшін ұсынылады. Ал адекваттық шарты (4) орындалмаса, яғни модель адекватты болмаса, онда адекватсыздықтың себебі анықталып, осы жойып, адекваттықты қамтамасыз ету үшін сипатталған жүйелі тәсілдің сәйкес блоктарына өту қажет. Модельдің адекватсыздығының негізгі себептері кеесілер болуы мүмкін:

модельде агрегат жұмысына әсер ететін кейбір параметрлердің ескерілмей қалуы;

модельдің құрылымдық немесе параметрлік дұрыс идентификацияланбауы, т.б.

Нәтижелерді талқылау

Жұмыста жасақталып, өз ара байланысқан технологиялық агрегаттардың кешенінен тұратын ХТЖ-ді жүйелік модельдеу үшін ұсынылған тәсіл жүйелік талдау методологиясы негізінде түрлі формалды және формалсыз тәсілдерді жүйелі қолдануға негізделген. Бастапқы ақпараттың айқын емес жағдайында, нысан параметрлерінің айқынсыздық деңгейіне байланысты айқын емес модель және лингвистикалық модель құру тәсілдері ұсынылған. Ұсынылған тәсілде түрлі белгілі және әзірленген (айқын емес, лингвистикалық

модельдерді құру) тәсілдер біртұтас жүйе ретінде қолданатындықтан, жасақталған жүйелік тәсіл синергизм эффектісі мен эмердженттік қасиетке ие болады. Ал бұлар ұсынылған жүйелік тәсілдің артықшылығын білдіреді.

Технологиялық нысандардың айқын емес параметрлері мен көрсеткіштерін сипаттауға ұсынылған тиістілік функцияның құрвлымының (1) артықшылығы, функцияны эксперттер көмегімен тұрғызылған оның графикалық байланысына тез және дәл бейімдеуге мүмкіндік беретін Q_B^p және $N_{B_j}^p$ коэффициенттерінің болуында.

ХТЖ-дің өз ара байланысқан агрегаттарының модельдер жүйесін құрып, жүйелік модельдеуге ұсынылған жүйелік тәсілде нысанның айқын емес шығыс параметрлері максимінді көбейтуді өрнегі көмегімен олардың тиістілік функциялары арқылы (3) формула көмегімен анықталады, Ал ол айқынсыз шығыс параметрлерінің сандық мәндері $y_j^c, j = \overline{1, m}$, бұл (3) формула бойынша анықталған тиістілік функциясының максималды мәндерін қамтамасыз ететін аргументі ретінде анықталады. келесі формула көмегімен анықтауға болады. Сонымен ХТЖ-дің өз ара байланысқан агрегаттарының тиімді модельдерін құрып, бір модельдер жүйесіне біріктіретін ұсынылған тәсіл бастапқы ақпараттың тапшылығы мен айқынсыздығы жағдайларында түрлі қол жетімді мәліметтер мен ақпараттар негізінде агрегаттардың түрлі моделдерін құруға мүмкіндік беретін жүйелік тәсіл болып табылады. Мұнда қол жетімді бастапқы ақпараттың типіне және интеграленген критерий мәнене байланысты агрегаттардың детерминдік, стохастикалық, айқын емес немесе лингвистикалық модельдерін құрылып, олар ХТЖ-де жүретін процесс пен агрегаттар арасындағы ағындарды ескере отырып, бір жүйеге бірітіріледі.

Қорытынды

Бастапқы ақпарат тапшылығы және айқынсыздығы жағдайында күрделі ХТЖ агрегаттарының бір жүйеге біріктірілген модельдерін құруға арналған жүйелік тәсіл ұсынылып, зерттелген. Ұсынылған жүйелік тәсіл жүйелік талдау методологиясына, модельер құрудың дәстурлы тәсілдері мен айқынсыздықта модель құрудың әзірленген тәсілдеріне, оларды кешенді қолдануға негізделген. Зерттеу нәтижесінде жұмыстың мақсатына қол жеткізілгені, яғни ХТЖ жұмысын жүйелік модельдеуге, олардың өз ара байланысқан агрегаттарының модельдері пакетін бастапқы ақпараттың жетіспеушілі және айқынсыздығы жағдайында құруға мүмкіндік беретін жүйелік тәсіл жасақталған.

Зерттеу барысында келесі негізгі нәтижелер алынған:

ХТЖ-нің жеке агрегаттарының құрылуы мүмкін модельдерінің түрін жүйелік талдау және эксперттік бағалау тәсілдер негізінде олардың тиімді модельдерін таңдау және оларды құру тәсілдерін анықтап, жасақтау процедурасы әзірленген;

ХТЖ-дің агрегаттарының жағдайы, жұмыс жайындағы бастапқы ақпараттың айқынсыздығы деңгейіне байланысты, олардың айқын емес және лингвистикалық модельдерін құру әдістемесі ұсынылған жүйелік тәсіл құрамында жасақталған;

ХТЖ агрегтарының нақты бір моделін құруға қажетті ақпараттың тапшылығы жағдайында, қол жетімді түрлі ақпарат негізінде олардың құралымдалған, гибридті моделін құру ұсынылған;

Түрлі қол жетімді ақпарат негізінде құрылатын жеке агрегаттардың модельдерін бір модельдер пакетіне ХТЖ агрегаттарының өз ара байланыстары мен оларда өтетін технологиялық процесс тізбектерін ескере отырып біріктіру принципі ұсынылған. Бұл принцип бойынша технологиялық процесстің жүруіне байланысты бір агрегат моделінің шығысы басқа агрегаттардың кірісі ретінде қолданылады.

Сонымен, ХТЖ-дің өз ара байланысқан агрегаттарының модельдерін бастапқы ақпарат тапшылығы мен айқынсыздығы жағдайында құру үшін әзірленген жүйелік тәсіл дәстүрлі және ұсынылған айқын емес, лингвистикалық модельдер құру тәсілдерін бір жүйеге бірітіруге негізделген. Әзірленген жүйелік тәсілдің ерекшелігі мен артықшылығы, ол синергизм эффектісі мен әмердендік қасиеті негізінде аталған жағдайда ХТЖ-ді жүйелік модельдеуге мүмкіндік беретін тиімді модельдер жүйесін құруға мүмкіндік беретіндігінде.

ӘДЕБИЕТТЕР

Алиев Р.А. Церковный А.Э., Мамедова Г.А., 2018. Управление производством при нечеткой исходной информации. -М.: Энергоатомиздат. 2-изд. 2018. -253 с.

Гуцыкова С.В., 2017. Метод экспертных оценок. Теория и практика, -М., ИП РАН. 2017. -278 с. ISBN: 978-5-9270-0209-2.

Жоров М., 2015. Расчеты и моделирование термokatалитических процессов в нефтепереработке. -М: Энергоатомиздат, 2-изд. 2015, с. 307.

Карманов Ф.И., Острейковский В.А., 2019. Статистические методы обработки экспериментальных данных с использованием пакета MathCad, -М.: Радио и связь. 2019. -187 с. ISBN: 978-5-905554-96-4.

Кафаров В.В., Дорохов И.Н., 2018. Системный анализ химико-технологических процессов. Основы стратегии. -М.: Наука, 3-изд. 2018, с. 517.

Липин А.Г., 2018. Математическое моделирование химико-технологических систем: -М.: Химия. 2-изд. 2018. ISBN 978-5-9616-0243-2 (in Russ.).

Овечкин Г.В., 2018. Компьютерное моделирование. -М. Академия, 2018. 432 с.

Плановский А.Н., 2020. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Химия, 2020. – 498 с. (in Russ.).

Поспелов Д.А., 2018. Ситуационное управление: теория и практика. -М.: Наука, 3-е изд. 2018, стр. 305.

Рыжов А.П., 2017. Теория нечетких множеств и ее приложения. -М.: 2017. -278. ISBN: 978-3-540-70777-6

Ушева Н.В., Мойзес О.Е., Митянина О.Е., Кузьменко Е.А., 2019. Математическое моделирование химико-технологических процессов. -Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – 135 с.

Coleman B., Babu J., 2018. Techniques of Model Based Control. UpperSaddle River: Prentice Hall PTR, 2018, p.576.

Dzhambekov A.M., Fyodorova O.V., 2018. Optimal control of the process of catalytic reforming of petrol fractions”, Bulletin of the Astrakhan State Tech. University Ser. control, computing tech. inform., 2018. V. 329, №. 2. -Pp.34–42.

Gumen M.I., 2019. Increasing of the Efficiency of the Reforming LG-35-11/300. Petroleum Processing and Petrochemistry. 2019. №11. -Pp. 54–57.

Jorgensen M., 2019. A Review of Studies on Expert Estimation of Software Development Effort. *Journal of Systems and Software*. 2019. V.70. -Pp. 37–60.

Keller T., Gorak A., 2020. Modelling of homogeneously catalysed reactive distillation processes in packed columns: Experimental model validation". *Comput. Chem. Eng.*, 2020. V. 48. -Pp. 74–93.

Mircea C., Agachi S., Marimoiu V., 2019. Simulation and Model Predictive Control of a UOP Fluid Catalytic Cracking. *Chemical Engineering and Processing*. 2019. V. 42. -Pp.67–75.

Mohaddecy S.R., Zahedi S., Sadighi S., Bonyad H., 2006. Reactor modeling and simulation of catalytic reforming process. // *Petroleum & Coal*. 2006. V. 48, № 3. -Pp. 28–35.

Orazbayev B.B., Ospanov E.A., Orazbayeva K.N., Kurmangazieva L.T., 2018. A Hybrid Method for the Development of Mathematical Models of a Chemical Engineering System in Ambiguous Condition // *Mathematical Models and Computer Simulations*, ISSN 2070-0482, 2018. V. 10. № 6, -Pp.748–758.

Pavlov S.Yu., Kulov N.N., Kerimov R.M., 2016. Improvement of Chemical Engineering Processes Using Systems Analysis.//*Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. 2016. V. 53. № 2. -Pp.117–133.

Pinheiro C.C., Fernandes J.L., Domingues L., 2018. Catalytic Cracking (FCC) Process Modeling, Simulation, and Control. *Industrial Engineering Chemistry Research*, 2018. V. 51. № 1. -Pp. 1–29.

Reverberi A.P., Kuznetsov N.T., Meshalkin V.P., Salerno M., Fabiano B., 2019. Systematical Analysis of Chemical Methods in Metal Nanoparticles Synthesis//*Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. 2019. V. 50. №1. -Pp. 63–75.

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*. 2017. V. 82. №3. -Pp. 145–163.

Sharikov Yu.V., Petrov P.A., 2018. Universal model for catalytic reforming, *Chemical and Petroleum Engineering*, 2018. V. 25, №4. -Pp. 33–47.

Zhi-Wen Zhao, De-Hui Wang. Statistical inference for generalized random coefficient autoregressive model // *Mathematical and Computer Modelling*, 2018. V.56. № 3. -Pp.152–166.

Zimmermann H.-J., 2018. *Fuzzy Set Theory – and Its Applications*. Springer Science+Business Media, LLC. Fifth Edition 2018. p.525. ISBN: 978-94-010-3870-6.

REFERENCES

Aliiev R.A. Tserkovnyj A.E., Mamedova G.A., 2018. Production management with fuzzy source information. -M.: Energoatomizdat. 2nd ed. 2018. -253 p.

Coleman B., Babu J., 2018. *Techniques of Model Based Control*. UpperSaddle River: Prentice Hall PTR, 2018, p.576.

Dzhambekov A.M., Fyodorova O.V., 2018. Optimal control of the process of catalytic reforming of petrol fractions", *Bulletin of the Astrakhan State Tech. University Ser. control, computing tech. inform.*, 2018. V. 329. №. 2. -Pp.34–42.

Gumen M.I., 2019. Increasing of the Efficiency of the Reforming LG-35-11/300. *Petroleum Processing and Petrochemistry*. 2019. №11. -Pp. 54–57.

Gutsykova S.V., 2017. The method of expert assessments. Theory and practice, -M., IP RAN. 2017. -278 p. ISBN: 978-5-9270-0209-2.

Jorgensen M., 2019. A Review of Studies on Expert Estimation of Software Development Effort. *Journal of Systems and Software*. 2019. V.70. -Pp.37–60.

Kafarov V.V., Dorohov I.N., 2018. System analysis of chemical and technological processes. *Basics of strategy*. -M.: Nauka, 3rd ed. 2018, p. 517.

Karmanov F.I., 2019. Ostrejkovskij V.A Statistical methods for processing experimental data using the MathCad package, -M.: Radio i svyaz. 2019. -187 p. ISBN: 978-5-905554-96-4.

Keller T., Gorak A., 2020. Modelling of homogeneously catalysed reactive distillation processes in packed columns: Experimental model validation". *Comput. Chem. Eng.*, 2020. V. 48. -Pp. 74–93.

Keller T., Gorak A., 2019. Modelling of homogeneously catalysed reactive distillation processes in packed columns: Experimental model validation. *Comput. Chem. Eng.* 2019. V. 48. -Pp. 74–93.

- Lipin A.G., 2018. Mathematical modeling of chemical and technological systems: -M.: Chemistry. 2nd ed. 2018. ISBN 978-5-9616-0243-2 (in Russ.).
- Mircea C., Agachi S., Marimoiu V., 2019. Simulation and Model Predictive Control of a UOP Fluid Catalytic Cracking. *Chemical Engineering and Processing*. 2019.V. 42. -Pp. 67–75.
- Mohaddecy S.R, Zahedi S., Sadighi S., Bonyad H., 2006. Reactor modeling and simulation of catalytic reforming process. // *Petroleum & Coal*. 2006. V. 48. № 3, -Pp. 28–35.
- Orazbayev B.B., Ospanov E.A., Orazbayeva K.N., Kurmangazieva L.T., 2018. A Hybrid Method for the Development of Mathematical Models of a Chemical Engineering System in Ambiguous Condition // *Mathematical Models and Computer Simulations*, ISSN 2070-0482, 2018. V. 10. № 6. -Pp. 748–758.
- Ovechkin G.V., 2018. Computer simulation. -M. Akademiya, 2018. 432 p.
- Pavlov S.Yu., Kulov N.N., Kerimov R.M., 2016. Improvement of Chemical Engineering Processes Using Systems Analysis.//*Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. 2016. V. 53. № 2. -Pp.117–133.
- Pinheiro C.C., Fernandes J.L., Domingues L., 2018. Catalytic Cracking (FCC) Process Modeling, Simulation, and Control // *Industrial Engineering Chemistry Research*, 2018. V 51. № 1. -Pp. 1–29.
- Planovskij A.N., 2020. Processes and devices of chemical and petrochemical technology. – 3rd ed. corrected and expanded. – M.: Chemistry, 2020. – 498 p. (in Russ.).
- Pospelov D.A., 2018. Situational management: theory and practice. -M.: Nauka, 3rd ed. 2018, p. 305.
- Reverberi A.P., Kuznetsov N.T., Meshalkin V.P., Salerno M., Fabiano B., 2019. Systematical Analysis of Chemical Methods in Metal Nanoparticles Synthesis//*Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. 2019. V. 50. №1. -Pp. 63–75.
- Ryzhov A.P., 2017. Fuzzy set theory and its applications. -M.: 2017. -278. ISBN: 978-3-540-70777-6
- 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*. 2017. V. 82. №3. -Pp.145–163.
- Sharikov Yu.V., Petrov P.A., 2018. Universal model for catalytic reforming, *Chemical and Petroleum Engineering*, 2018. V. 25. №4. -Pp. 33–47.
- Usheva N.V., Mojzes O.E., Mityanina O.E., Kuzmenko E.A., 2019. Mathematical modeling of chemical and technological processes. -Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2019. – 135 p.
- Zhi-Wen Zhao, De-Hui Wang. Statistical inference for generalized random coefficient autoregressive model // *Mathematical and Computer Modelling*, 2018, V.56. № 3. -Pp.152–166.
- Zhorov M., 2015. Calculations and modeling of thermocatalytic processes in oil refining. -M: Energoatomizdat, 2nd ed. 2015, p. 307.
- Zimmermann H.-J., 2018. Fuzzy Set Theory – and Its Applications. Springer Science+Business Media, LLC. Fifth Edition 2018. p.525. ISBN: 978-94-010-3870-6.

МАЗМҰНЫ

А. Адамова, Т. Жукабаева, Е. Марденов ЗАТТАР ИНТЕРНЕТІ: ЖЕҢІЛДІК АЛГОРИТМДЕРДІҢ ДАМУЫ ЖӘНЕ БОЛАШАҒЫ.....	5
Г. Алпысбай, А. Бедельбаев, О. Усагова, А. Жұмабекова, Эдзард Хофиг ЗИЯНДЫ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ЖАБДЫҚТАРДЫ ТАЛДАУДА МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМІН ҚОЛДАНУ.....	21
А.У. Алтаева, А.Ш. Каипова, А.У. Мухамеджанова, Г.К. Оспанова МЕДИЦИНАДА ЧАТ-БОТТАРДЫ ҚОЛДАНУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ.....	32
Г.А. Анарбекова, Н.Н. Оспанова, Д.Ж. Анарбеков НОРМАЛАНҒАН КІРІС ВЕКТОРЛАРЫ: ДЕРЕКТЕРДІ ДАЙЫНДАУДЫҢ БАСТАПҚЫ КЕЗЕҢІ.....	40
А.Е. Әбжанова, А.И. Такуадина, С.К. Сагнаева, С.К. Серикбаева, Г.Т. Азиева ТОПЫРАҚТЫ ТЕХНИКАЛЫҚ МЕЛИОРАЦИЯЛАУ ӘДІСТЕРІНДЕ АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ПАЙДАЛАНУ.....	55
К.Н. Әлібекова, Ж.М. Алимжанова, С.С. Байзакова СЫМСЫЗ СЕНСОРЛЫҚ ЖЕЛІЛЕР ҮШІН БЛОКТЫҚ ШИФРЛАРДЫҢ ӨНІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ.....	70
К.Б. Багитова, Ш.Ж. Мүсірәлиева, М.А. Болатбек, Р.Қ. Оспанов ИНТЕРНЕТТЕ ЭКСТРЕМИСТІК МАЗМҰНДЫ АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН EXWEB БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ЖАБДЫҚТАМАСЫН ӨЗІРЛЕУ.....	81
А.Ш. Баракова, О.А. Усагова, А.С. Орынбаева ВЕБ САЙТТАРДАҒЫ САНДЫҚ РЕСУРСТАРДЫ СТЕГАНОГРАФИЯ ӘДІСІМЕН ҚОРҒАУДЫҢ МОДЕЛІ.....	96
А.С. Омарбекова, А.Е. Назырова, Н. Тасболатұлы, Б.Ш. Разахова ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ELEARNING ЖҮЙЕСІНІҢ ОНТОЛОГИЯЛЫҚ МОДЕЛІ ЖӘНЕ ОҚЫТУ НӘТИЖЕЛЕРІ.....	108
М.Қ. Болсынбек, Г.Б. Абдикеримова, С.К. Серикбаева, А.Ж. Танирбергенов, Ж.К. Тасжурекова ТОПЫРАҚ ЖӘНЕ ТОПЫРАҚ ЭРОЗИСЫН БОЛЖАУЖЫҢ АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІ МЕН ӘДІСТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	128
Л.З. Жолшиева, Т.К. Жукабаева, Ш. Тураев, М.А. Бердиева, Б.А. Ху Вен-Цен LSTM ЖӘНЕ GRU ҮЛГІЛЕРІ НЕГІЗІНДЕ ҚАЗАҚ ДАКТИЛЬДЕРІН ТАҢУДЫҢ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ.....	141
М.Д. Кабибуллин, Б.Б. Оразбаев, К.Н. Оразбаева, С.Ш. Исакова, Ж.Ш. Аманбаева КҮРДЕЛІ ХИМИЯЛЫҚ-ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕР АГРЕГАТТАРЫНЫҢ МОДЕЛЬДЕРІН БАСТАПҚЫ АҚПАРАТТЫҢ ЖЕТІСПЕУШІЛІГІ МЕН АЙҚЫНСЫЗДЫҒЫ ЖАҒДАЙЫНДА ҚҰРУ.....	154

М.Ж. Қалдарова, А.С. Аканова, М.Г. Гриф, У.Ж. Айтимова, А.С. Муканова ТОПЫРАҚ ЖАҒДАЙЫН БАҒАЛАУ ҮШІН ҚОЛДАНЫЛАТЫН ҒАРЫШТЫҚ СУРЕТТЕРДІ ӨНДЕУ АЛГОРИТМДЕРІ МЕН ӘДІСТЕРІ.....	172
К. Келесбаев, Ш. Раманкулов, М. Нуризинова, А. Паттаев, Н. Мұсахан STEM ЖОБАЛЫҚ ОҚЫТУДЫҢ БОЛАШАҚ ФИЗИКА МАМАНДАРЫН ДАЯРЛАУДАҒЫ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	193
А.Е. Кулакаева, Е.А. Дайнеко, А.З. Айтмагамбетов, А.Т. Жетписбаева, Б.А. Кожаметова ШАҒЫН ҒАРЫШ АППАРАТЫ ОРБИТАСЫНЫҢ СИПАТТАМАЛАРЫНЫҢ СПУТНИКТІК РАДИО МОНИТОРИНГ ЖҮЙЕСІНІҢ ПАРАМЕТРЛЕРІНЕ ӘСЕРІ ТУРАЛЫ.....	208
А.Е. Назырова, Г.Т. Бекманова, А.С. Муканова, Н. Амангелді, М.Ж. Қалдарова БІЛІМ БЕРУ БАҒДАРЛАМАЛАРЫ ҮШІН АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕНІ ӨЗІРЛЕУ.....	221
А.Б. Тоқтарова, Б.С. Омаров, Ж.Ж. Ажибекова, Г.И. Бейсенова, Р.Б. Абдрахманов ОНЛАЙН КОНТЕНТТЕГІ БЕЙӘДЕП СӨЗДЕР МӘЛІМЕТТЕР ҚОРЫН DATA MINING АРҚЫЛЫ АНАЛИЗДЕУ.....	237
Ә.Б. Тынымбаев, К.С. Байшоланова, К.Е. Кубаев АҚПАРАТТЫ ҚОРҒАУ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ NAVIVE BAYESIAN ЖІКІТІУШСІН ҚОЛДАНУ.....	252
Г.Қ. Шаметова, А.Ә. Шәріпбай, Б.Ф. Сайлау ҚОЛЖЕТІМДІЛІКТІ БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ ҚҰПИЯНЫ БӨЛҮДІҢ КРИПТОГРАФИЯЛЫҚ СҰЛБАЛАРЫН ТАЛДАУ.....	261
Г.Б. Абдикеримова, А.Ә. Шекербек, М.Г. Байбулова, С.К. Абдикаримова, Ш.Ш. Жолдасова КЕУДЕ ПАТОЛОГИЯСЫН АВТОКОРРЕЛЯЦИЯЛЫҚ ФУНКЦИЯ АРҚЫЛЫ АНЫҚТАУ.....	274

СОДЕРЖАНИЕ

А. Адамова, Т. Жукабаева, Е. Марденов ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЛЕГКОВЕСНЫХ АЛГОРИТМОВ.....	5
Г. Алпысбай, А. Бедельбаев, О. Усагова, А. Жумабекова, Эдзарт Хофиг ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ВРЕДОНОСНОГО ПО.....	21
А.У. Алтаева, А.Ш. Каипова, А.У. Мухамеджанова, Г.К. Оспанова ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧАТ-БОТОВ В МЕДИЦИНЕ.....	32
Г.А. Анарбекова, Н.Н. Оспанова*, Д.Ж. Анарбеков НОРМАЛИЗОВАННЫЕ ВХОДНЫЕ ВЕКТОРЫ: ПЕРВИЧНЫЙ ЭТАП ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ.....	40
А.Е. Абжанова, А.И. Такуадина, С.К. Сагнаева, С.К. Серикбаева, Г.Т. Азиева ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В МЕТОДАХ ТЕХНИЧЕСКИХ МЕЛИОРАЦИЙ ГРУНТОВ.....	55
К.Н. Алибекова, Ж.М. Алимжанова, С.С. Байзакова ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БЛОЧНЫХ ШИФРОВ ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ.....	70
К.Б. Багитова, Ш.Ж. Мусиралиева, М.А. Болатбек, Р.К. Оспанов РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ EXWEB ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЭКСТРЕМИСТСКОГО КОНТЕНТА В СЕТИ ИНТЕРНЕТ.....	81
А.Ш. Баракова, О.А. Усагова, А.С. Орынбаева РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ЗАЩИТЫ ЦИФРОВЫХ WEB РЕСУРСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ СТЕГАНОГРАФИИ.....	96
А.С. Омарбекова, А.Е. Назырова, Н. Тасболатұлы, Б.Ш. Разахова ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ.....	108
М.Қ. Болсынбек, Г.Б. Абдикеримова, С.К. Серикбаева, А.Ж. Танирбергенов, Ж.К. Тасжурекова ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОЧВЕННОЙ И ПОЧВЕННОЙ ЭРОЗИИ.....	128
Л.З. Жолшиева, Т.К. Жукабаева, Ш. Тураев, М.А. Бердиева, Б.А. Ху Вен-Цен РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ КАЗАХСКИХ ДАКТИЛЬНЫХ ЖЕСТОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ LSTM И GRU.....	141
М.Д. Кабибуллин, Б.Б. Оразбаев, К.Н. Оразбаева, С.Ш. Исакова, Ж.Ш. Аманбаева РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ АГРЕГАТОВ СЛОЖНЫХ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА И НЕЧЕТКОСТИ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ.....	154

М.Ж. Калдарова, А.С. Аканова, М.Г. Гриф, У.Ж. Айтимова, А.С. Муканова АЛГОРИТМЫ И МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ.....	172
К. Келесбаев, Ш. Раманкулов, М. Нуризинова, А. Паттаев, Н. Мұсахан ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТНОГО ОБУЧЕНИЯ STEM В ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ФИЗИКЕ.....	193
А.Е. Кулакаева, Е.А. Дайнеко, А.З. Айтмагамбетов, А.Т. Жетписбаева, Б.А. Кожаметова О ВЛИЯНИИ ХАРАКТЕРИСТИК ОРБИТЫ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА НА ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОГО РАДИОМОНИТОРИНГА.....	208
А.Е. Назырова, Г.Т. Бекманова, А.С. Муканова, Н. Амангелді, М.Ж. Калдарова, РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ.....	221
А.Б. Токгарова, Б.С. Омаров, Ж.Ж. Ажибекова, Г.И. Бейсенова, Р.Б. Абдрахманов АНАЛИЗ НЕОБРАЗНЫХ СЛОВ В ОНЛАЙН-КОНТЕНТЕ С ПОМОЩЬЮ DATA MINING.....	237
Ә.Б. Тынымбаев, К.С. Байшоланова, К.Е. Кубаев ПРИМЕНЕНИЕ НАИВНОГО БАЙЕСОВСКОГО КЛАССИФИКАТОРА В СИСТЕМАХ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ.....	252
Г.Қ. Шаметова, А.Ә. Шәріпбай, Б.Ғ. Сайлау АНАЛИЗ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ СХЕМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕКРЕТОВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ.....	261
Г.Б. Абдикеримова, А.А. Шекербек, М.Г. Байбулова, С.К. Абдикаримова, Ш.Ш. Жолдасова ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУДНОЙ ПАТОЛОГИИ С ПОМОЩЬЮ ФУНКЦИИ АВТОКОРРЕЛЯЦИИ.....	274

CONTENTS

A. Adamova, T. Zhukabayeva, Y. Mardenov INTERNET OF THINGS: STATUS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF LIGHTWEIGHT ALGORITHMS.....	5
G. Alpysbay, A. Bedelbayev, O. Ussatova, A. Zhumabekova, Edzard Höfig APPLICATION OF MACHINE LEARNING ALGORITHM IN THE ANALYSIS OF MALICIOUS SOFTWARE.....	21
A.U. Altaeva, A.S. Kaipova, A.U. Mukhamejanova, G.K. Ospanova PROSPECTS OF USING CHATBOTS IN MEDICINE.....	32
G.A. Anarbekova, N.N. Ospanova, D.Zh. Anarbekov NORMALIZED INPUT VECTORS: THE PRIMARY STAGE OF DATA PREPARATION.....	40
A.E. Abzhanova, A.I. Takuadina, S.K. Sagnaeva, S.K. Serikbayeva, G.T. Azieva THE USE OF INFORMATION SYSTEMS IN THE METHODS OF TECHNICAL SOIL RECLAMATION.....	55
K. Alibekova, Zh. Alimzhanova, S.S. Baizakova RATING VALUATION OF BLOCK CIPHERS FOR WIRELESS SENSOR NETWORKS.....	70
K.B. Bagitova, Sh.Zh. Mussiraliyeva, M.A. Bolatbek, R.K. Ospanov DEVELOPMENT OF EXWEB SOFTWARE FOR DETECTING EXTREMIST CONTENT ON THE INTERNET.....	81
A.Sh. Barakova, O.A. Usatova, A.S. Orynbaeva DIGITAL RESOURCES ON WEBSITES MODEL OF PROTECTION BY STEGANOGRAPHY.....	96
A.S. Omarbekova, A.E. Nazyrova, N. Tasbolatuly, B.Sh. Razakhova ONTOLOGICAL MODEL OF AN INTELLIGENT E-LEARNING SYSTEM AND LEARNING OUTCOMES.....	108
M. Bolsynbek, G. Abdikerimova, S. Serikbayeva, A. Tanirbergenov, Zh. Taszhurekova RESEARCH OF INFORMATION SYSTEMS AND METHODS OF FORECASTING SOIL AND SOIL EROSION.....	128
L. Zholshiyeva, T. Zhukabayeva, Sh. Turaev, M. Berdieva, B. Khu Ven-Tsen DEVELOPMENT OF AN INTELLECTUAL SYSTEM FOR RECOGNIZING KAZAKH DACTYL GESTURES BASED ON LSTM AND GRU MODELS.....	141
M. Kabibullin, B. Orazbayev, K. Orazbayeva, S. Iskakova, Zh. Amanbayeva DEVELOPMENT OF MODELS OF UNITS OF COMPLEX CHEMICAL-TECHNOLOGICAL SYSTEMS UNDER CONDITIONS OF DEFICIENCY AND FUZZY OF INITIAL INFORMATION.....	154
M.Zh. Kaldarova, A.S. Akanova, M.G. Grif, U.Zh. Aitimova, A.S. Mukanova ALGORITHM AND METHOD OF PROCESSING SPACE PHOTOS FOR ASSESSMENT OF SOIL.....	172

K. Kelesbaev, Sh. Ramankulov, M. Nurizinova, A. Pattaev, N. Mussakhan FEATURES OF STEAM PROJECT TRAINING IN THE PREPARATION OF FUTURE SPECIALISTS IN PHYSICS.....	193
A.E. Kulakayeva, Y.A. Daineko, A.Z. Aitmagambetov, A.T. Zhetpisbaeva, B.A. Kozhakhmetova ABOUT THE INFLUENCE OF THE ORBIT CHARACTERISTICS OF A SMALL SPACECRAFT ON THE PARAMETERS OF THE SATELLITE RADIO MONITORING SYSTEM.....	208
A.E. Nazyrova, G.T. Bekmanova, A.S. Mukanova, N. Amangeldi, M.Zh. Kaldarova DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR EDUCATIONAL PROGRAMS.....	221
A.B. Toktarova, B.S. Omarov, Zh.Zh. Azhibekova, G.I. Beissenova, R.B. Abdrakhmanov ANALYSIS OF HATE SPEECH WORDS IN ONLINE CONTENT BY USING DATA MINING.....	237
A.B. Tynymbayev, K.S. Baisholanova, K.Ye. Kubaev APPLICATION OF NAVIVE BAYESIAN CLASSIFIER IN INFORMATION PROTECTION SYSTEMS.....	252
G.K. Shametova, A.A. Sharipbay, B.G. Sailau ANALYSIS OF CRYPTOGRAPHIC SECRET DISTRIBUTION SCHEMES IN ACCESS CONTROL SYSTEMS.....	261
G.B. Abdikerimova, A.A. Shekerbek, M.G. Baibulova, S.K. Abdikarimova, Sh.Sh. Zholdassova CHEST PATHOLOGY DETERMINATION THROUGH AUTOCORRELATION FUNCTION.....	274

**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). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

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

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

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

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

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

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

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

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

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

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадыранова*

Подписано в печать 12.06.2023.

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

19,0 п.л. Тираж 300. Заказ 2.