

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



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН»

N E W S

OF THE NATIONAL ACADEMY OF
SCIENCES OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN

SERIES OF PHYSICS AND MATHEMATICS

2 (354)

APRIL – JUNE 2025

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963
PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

CHIEF EDITOR:

MUTANOV Galimkair Mutanovich, doctor of technical sciences, professor, academician of NAS RK, acting General Director of the Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506682964>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1423665>

EDITORIAL BOARD:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Advisor to the General Director of the Institute of Information and Computing Technologies of the CS MES RK, Head of the Laboratory (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

Mamyrbayev Orken Zhumazhanovich, (Academic Secretary), PhD in Information Systems, Deputy Director for Science of the Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55967630400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1774027>

BAIGUNCHEKOV Zhumadil Zhanabaeovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Institute of Cybernetics and Information Technologies, Department of Applied Mechanics and Engineering Graphics, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506823633>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1923423>

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

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

KEILAN Alimkhan, Doctor of Technical Sciences, Professor (Doctor of science (Japan)), chief researcher of Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8701101900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1436451>

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

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

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

BIYASHEV Rustam Gakashevich, doctor of technical sciences, professor, Deputy Director of the Institute for Informatics and Management Problems, Head of the Information Security Laboratory (Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603642864>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802016>

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

KOVALYOV Alexander Mikhailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Applied Mathematics and Mechanics (Donetsk, Ukraine), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/38481396>

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

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

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

Series of Physics and Mathematics

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

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

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

Subject area: *information and communication technologies.*

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

Periodicity: *4 times a year.*

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

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

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2025

БАС РЕДАКТОР:

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

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика-математика сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

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

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

Тақырыптық бағыты: *ақпараттық-коммуникациялық технологиялар*

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

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

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

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

© «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ, 2025

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

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

Редакционная коллегия:

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

МАМЫРБАЕВ Оркен Жумажанович, (ученый секретарь), доктор философии (PhD) по специальности «Информационные системы», заместитель директора по науке РГП «Институт информационных и вычислительных технологий» Комитета науки МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55967630400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1774027>

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

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

Свидетельство о постановке на переучет периодического печатного издания, информационного агентства и сетевого издания № **KZ20VPY00113741**. Дата выдачи **28.02.2025**

Тематическая направленность: *информационно-коммуникационные технологии.*

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

Периодичность: *4 раза в год.*

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

© РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан», 2025

CONTENTS

INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

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

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

МАЗМҰНЫ

АҚПАРАТТЫҚ-КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

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

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

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

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

ISSN 1991-346X

Volume 2. Number 354 (2025). 169–180

<https://doi.org/10.32014/2025.2518-1726.351>

УДК 532.543.541

МФТИ 30.17.51

© E. Nysanov¹, Zh. Kemelbekova^{*1}, E. Abdrashova²,
S. Kurakbaeva¹, A. Baydibekova¹, 2025.

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan;

²Regional Innovation University, Shymkent, Kazakhstan.

*E-mail: kemel_zhan@mail.ru

MODELING AND CALCULATION OF THE FLOW OF THREE-PHASE MEDIA WITH VARIABLE CONCENTRATIONS

Y. Nysanov — Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan,

E-mail: Nysanov51@bk.ru; orcid.org/0000-0002-6053-8262;

Zh. Kemelbekova — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan,

E-mail: kemel_zhan@mail.ru; orcid.org/0000-0001-9422-2509;

E. Abdrashova — Senior Lecturer, Regional Innovation University, Shymkent, Kazakhstan,

E-mail: emon_81@mail.ru; orcid.org/0009-0004-3451-4883;

S. Kurakbaeva — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan,

E-mail: sevam@mail.ru; orcid.org/0009-0001-5463-1930;

A. Baidibekova — Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan,

E-mail: baidin6767@mail.ru; orcid.org/0009-0009-8176-3061.

Abstract. The study of flows composed of mixtures of water and solid particles—i.e., multiphase media - is one of the relevant problems in modern hydraulics. This paper addresses the problem of determining phase velocities and concentrations along an open channel under steady, one-velocity flow conditions of ideal incompressible three-phase media: water, fine particles, and larger solid particles. The methodological basis of the work is mathematical modeling, which allows for the analysis of multiphase systems, accounting for the size-based heterogeneity of solid inclusions. The study demonstrates that solid-phase concentrations vary along the channel, which affects flow resistance and the overall velocity distribution. These findings confirm earlier research emphasizing the importance of spatial non-uniformity in solid-phase distribution within the flow. The application of mathematical modeling techniques to such processes provides deeper insight into the underlying physical phenomena and enables more accurate prediction of

flow parameters. It is assumed that all phases move at the same velocity along the channel. As a result of the modeling, relationships describing the variation of velocities and phase concentrations along the channel length were obtained. It is shown that the non-uniform distribution of solid particles has a significant impact on flow resistance, highlighting the importance of spatial consideration of phase characteristics. The results can be applied in the design of irrigation systems, the prediction of hydraulic losses, and the development of engineering solutions for managing multiphase flows in open channels.

Key words: stationary flow, three-phase medium, reduced phase density, true phase density, phase concentration, phase velocity, phase interaction coefficient

© Е.А. Нысанов¹, Ж.С. Кемельбекова^{*1}, Э.Т. Абдрашова²,
С.Ж. Куракбаева¹, А.О. Байдибекова¹, 2025.

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент,
Қазақстан;

²Аймақтық инновациялық университеті, Шымкент, Қазақстан.

*E-mail: kemel_zhan@mail.ru

АЙНЫМАЛЫ КОНЦЕНТРАЦИЯЛЫ ҮШ ФАЗАЛЫ ОРТАЛАРДЫҢ АҒЫНЫН МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ЕСЕПТЕУ

Е.А. Нысанов — физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,
Nysanov51@bk.ru; orcid.org/0000-0002-6053-8262

Ж.С. Кемельбекова — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,
kemel_zhan@mail.ru; orcid.org/0000-0001-9422-2509;

Э.Т. Абдрашова — магистр, аға оқытушы, Аймақтық инновациялық университеті, Шымкент, Қазақстан,
emon_81@mail.ru; orcid.org/0009-0004-3451-4883;

С.Д. Куракбаева — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,
sevam@mail.ru; orcid.org/0009-0001-5463-1930;

А.О. Байдибекова — педагогика ғылымдарының докторы, доцент, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,
baidin6767@mail.ru; orcid.org/0009-0009-8176-3061.

Аннотация. Суармалы су біртекті емес орта болып табылады және белгілі бір мөлшерде қатты бөлшектерді қамтиды. Сондықтан су мен қатты бөлшектер қоспасынан тұратын, яғни көпфазалы орталардың ағысын зерттеу – қазіргі гидравликаның өзекті мәселелерінің бірі болып табылады. Мұндай бөлшектердің болуы ағыс құрылымына, қозғалысқа қарсылыққа және тасымалдау тиімділігіне айтарлықтай әсер етеді. Мақалада ашық арнада тұрақталған, біржылдамдықты ағыста идеал үш фазалы сығылмайтын ортаның – судың, ұсақ және ірі қатты бөлшектердің – фазалық жылдамдықтары мен концентрацияларын анықтау мәселесі қарастырылады. Барлық фазалар

сығылмайды және масса күштері ескерілмейді деп болжанады. Ағыс бойындағы параметрлердің өзгерісі ғана есепке алынады, ал тік және көлденең бағыттардағы жылдамдықтар өзгерісі ескерілмейді. Зерттеудің әдістемелік негізі ретінде қатты қосындылардың өлшемдік әртектілігін ескеретін математикалық модельдеу алынды. Қатты фазалардың концентрациялары арна бойында өзгертінді анықталды, бұл қозғалысқа қарсылық пен жалпы жылдамдықтың таралуына әсер етеді. Бұл нәтижелер басқа зерттеушілердің қатты компоненттердің кеңістіктік әркімкі таралуының маңыздылығын көрсететін тұжырымдарын растайды. Математикалық модельдеу әдістерін мұндай процестерді талдауға қолдану құбылыстардың физикасын тереңірек түсінуге және ағыс параметрлерін дәлірек болжауға мүмкіндік береді. Барлық фазалар арна бойында бірдей жылдамдықпен қозғалады деп есептеледі. Модельдеу нәтижесінде арна ұзындығы бойынша фазалардың жылдамдықтары мен концентрацияларының өзгеру заңдылықтары алынды. Қатты бөлшектердің біркелкі таралмауы ағысқа қарсылыққа айтарлықтай әсер ететіні көрсетіліп, фазалық сипаттамаларды кеңістіктік тұрғыдан ескерудің маңыздылығы дәлелденді. Алынған нәтижелер мелиорациялық жүйелерді жобалауда, гидравликалық шығындарды болжауда және ашық арналардағы көпфазалы ағыстармен жұмыс істеуге арналған инженерлік шешімдер жасауда қолданылуы мүмкін.

Түйін сөздер: Стационарлы ағын, үш фазалы орта, фазаның келтірілген тығыздығы, фазаның шынайы тығыздығы, фазаның концентрациясы, фазаның жылдамдығы, фазалар арасындағы өзара әрекеттесу коэффициенті

© Е.А. Нысанов¹, Ж.С. Кемельбекова^{*1}, Э.Т. Абдрашова²,
С.Ж. Куракбаева¹, А.О. Байдибекова¹, 2025.

¹Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан;

²Региональный инновационный университет, Шымкент, Казахстан.

*E-mail: kemel_zhan@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ТЕЧЕНИЯ ТРЕХФАЗНЫХ СРЕД С ПЕРЕМЕННЫМИ КОНЦЕНТРАЦИЯМИ

Е.А. Нысанов — доктор физико-математических наук, профессор, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,
Nysanov51@bk.ru, orcid.org/0000-0002-6053-8262;

Ж.С. Кемельбекова — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,
kemel_zhan@mail.ru, orcid.org/0000-0001-9422-2509;

Э.Т. Абдрашова — старший преподаватель, Региональный инновационный университет, Шымкент, Казахстан,
emon_81@mail.ru, orcid.org/0009-0004-3451-4883;

С.Д. Куракбаева — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,
sevam@mail.ru, orcid.org/0009-0001-5463-1930;

А.О. Байдибекова — доктор педагогических наук, доцент, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,
baidin6767@mail.ru, orcid.org/0009-0009-8176-3061.

Аннотация. Как известно, поливная вода является неоднородной средой и содержит определённое количество твёрдых частиц. Поэтому исследование движения потоков, представляющих собой смесь воды и твёрдых частиц, то есть многофазных сред, является одной из актуальных задач современной гидравлики. Наличие таких частиц существенно влияет на структуру потока, сопротивление движению и эффективность транспортировки. В статье рассматривается задача определения скоростей и концентраций фаз вдоль открытого канала при установившемся односкоростном течении идеальных трёхфазных несжимаемых сред: воды, мелких и более крупных частиц. Предполагается, что все фазы несжимаемы, а массовые силы отсутствуют. Изменение параметров учитывается только вдоль потока, а влиянием вертикального и поперечного распределения скоростей пренебрегают. Методологической основой работы является математическое моделирование, позволяющее описывать поведение многофазных систем с учётом неоднородности твёрдых включений по размеру. Установлено, что концентрации твёрдых фаз изменяются вдоль канала, что оказывает влияние на сопротивление движению и общее распределение скоростей. Это подтверждает выводы других авторов о значимости пространственной неоднородности распределения твёрдых компонентов в потоке. Применение математических методов моделирования к анализу подобных процессов позволяет глубже понять физику происходящих явлений и более точно предсказывать параметры потока. В результате моделирования получены зависимости изменения скоростей и концентраций фаз по длине канала. Показано, что неравномерность распределения твёрдых частиц оказывает значительное влияние на сопротивление потоку, подтверждая важность пространственного учёта фазовых характеристик. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании мелиоративных систем, прогнозировании гидравлических потерь, а также при создании инженерных решений в области обращения с многофазными потоками в открытых каналах.

Ключевые слова: *установившееся течение, трехфазная среда, приведенная плотность фазы, истинная плотность фазы, концентрация фазы, скорость фазы, коэффициент взаимодействия между фазами*

Введение. В рамках данного исследования проведено математическое и компьютерное моделирование течения идеальной трехфазной среды (вода и твердые частицы) в открытом канале с установившимся односкоростным потоком. Основное внимание было сосредоточено на изменениях скоростей и концентраций фаз вдоль потока, а также на влиянии неравномерного распределения концентрации твердых частиц на сопротивление движению. Неоднородность размеров частиц, включая как мелкие, так и крупные, значительно влияет на характеристики смеси. Исследование подчеркивает необходимость учета этих факторов для достижения точного моделирования перемещения многофазных потоков.

Разработкам моделей и методов расчета течения воды в открытых руслах посвящены достаточно много работ, обзор которых приведен в работе (Nysanov, 2012). Однако эти модели не могут полностью описать происходящий процесс, поскольку водные потоки в реках несут большое количество твердых частиц. Твердые частицы оказывают существенное влияние на течение. В результате появляются новые явления, такие как оседание и взвешивание твердых частиц, трение воды и твердых частиц. Следовательно, в моделях учитываются приведенные плотности, силы взаимодействия между фазами, концентраций фаз (Ostrovsky, 2000; Geng, et al, 2000).

Движение отдельных компонентов смеси не описывается классическими уравнениями гидродинамики – уравнениями Эйлера, Навье-Стокса. Поэтому кардинальной проблемой механики многофазных сред заключается в математическом описании физических явлений, связанных с движением смесей. Гидродинамические модели движения жидкостей, содержащих неоднородные частицы, предложены: Г.И.Баренблаттом - движение взвешенных частиц в турбулизированном потоке; Ф.И.Франклем – теория взвешенных наносов; Н.А. Слезкиным - движение пульпы; и др. В этих работах выражения, учитывающие свойства взаимопроникновения сред и другие процессы, включены в модель, что затрудняет запись уравнения для отдельной фазы потока. Вводя в виде отдельных членов силу взаимодействия сред, Х.А. Рахматулин предложил замкнутую систему уравнений, в которых использовались выражения состояния фаз.

В случае движения жидкости совместно с твердыми частицами были использованы теории (Yargaeva, et al, 2003):

- взаимопроникающая - составленная исходя из положения, что каждая фаза смеси является однородно распределенной по всему пространству;
- теория в которой дискретность отдельных фаз исключается с помощью пространственновременного или статистического осреднения параметров движения каждой из фаз;
- теория, рассматривающая смесь как единую сплошную среду, но с некоторым отклонением закона выражения внутренних сил от закона Ньютона.

Для описания движения смеси в большинстве случаев приемлема «взаимопроникающая» модель или модель «взаимопроникания» многофазных сред, с помощью которой решено множество задач при различных режимах течения. Эта модель дала особое развитие исследованиям движения многофазных смесей.

Большинство теоретических работ, относящихся к движению многофазных сред, основано на движении с постоянной концентрацией отдельных фаз. Учету переменности концентраций фаз не уделено соответствующего внимания, тем не менее экспериментальные исследования показывают, что переменность концентраций фаз существенно влияет на параметры движения. Поэтому нами на основе взаимопроникающей модели рассматривается

движение трехфазной среды переменными концентрациями фаз (Kvon, 2003; Tukmakov, 2009).

Ранее нами решались задачи для двухфазных сред в открытых каналах, включая задачи по моделированию односкоростного течения двухфазных сред в каналах с учетом изменения скоростей фаз по глубине потока, а также решению двумерных задач нестационарного течения двухфазного потока с учетом фильтрации воды и осаждения твердых частиц.

Впервые рассматривается трехфазная среда (вода + мелкие частицы + более крупные частицы) в открытых каналах с переменными концентрациями. Неоднородность размеров частиц, включая как мелкие, так и крупные, значительно влияет на характеристики смеси. Исследование подчеркивает необходимость учета этих факторов для достижения точного моделирования перемещения многофазных потоков (Churuksaeva, 2016).

Многие серьезные физические и научно-технические задачи (особенно относящиеся к анализу динамических систем и к их математическому моделированию) базируются на решении систем дифференциальных уравнений. Нелинейные дифференциальные уравнения и системы с такими уравнениями, как правило, не имеют аналитических методов решения, и здесь особенно важна возможность их решения численными методами.

Материалы и основные методы. В большинстве случаев желательно представление решений в графическом виде. Эти возможности имеются в системе компьютерной математики Mathcad Системы из обыкновенных дифференциальных уравнений для их решения в среде Mathcad должны быть представлены в форме Коши. Отсюда следует важный вывод – решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений в форме Коши осуществляется аналогично решению одиночного дифференциального уравнения, но должно быть организовано в векторной форме. При этом добавление очередного уравнения не увеличивает число уравнений в векторной их записи (Kiguanov, 2012; Maxfield, 2013).

Для решения задач такого класса в Mathcad введен ряд функций, такие как *odesolve*, *rkadapt*, *rkfixed*. Создаваемая этими функциями матрица содержит ряд столбцов, число которых на 1 больше числа уравнений. Первый столбец содержит значения переменной x на равных интервалах решения, а другие столбцы – значения искомых переменных. Система дифференциальных уравнений, записанная в матричной форме $y' = A * x$, где A – почти вырожденная матрица, называется жесткой. Решение таких систем характерно различной скоростью изменения значений переменных и требует очень малого шага, выбираемого исходя из наивысшей скорости изменения значений переменных. Оно подчас просто невозможно указанными выше явными методами. Для решения жестких дифференциальных уравнений в Mathcad введен ряд функций: *bulstoer*, *stiffb*, *stiffi*.

Для описания течения идеальных трехфазных сред при установившемся односкоростном течении с переменными концентрациями использована

модель «взаимопроникания». В качестве трехфазной среды рассматривается течение воды совместно с твердыми частицами. Учтена неоднородность частиц по размеру в движущейся смеси (вода + мелкие частицы + более крупные частицы), так как *неоднородность размеров частиц* значительно влияет на характеристики смеси. Для решения полученной системы обыкновенных дифференциальных уравнений с соответствующими начальными условиями использован метод Рунге-Кутты 4-го порядка точности и графические возможности системы компьютерной математики Mathcad (Nysanov, et al, 2015).

Результаты. Предполагаем, что все фазы несжимаемы, а воздействие массовых сил отсутствует. Поскольку течение в открытых каналах является безнапорным, тогда течение *идеальных трехфазных сред при установившемся односкоростном течении с переменными концентрациями* на основе модели «взаимопроникания» имеет вид (Nysanov, et al, 2015):

$$\begin{cases} \rho_1 u_1 \frac{du_1}{dx} = -k(2u_1 - u_2 - u_3), \\ \rho_2 u_2 \frac{du_2}{dx} = -k(2u_2 - u_1 - u_3), \\ \rho_3 u_3 \frac{du_3}{dx} = -k(2u_3 - u_1 - u_2), \end{cases}$$

где u_n — скорость вдоль течения n -ой фазы ($n=1,2,3$);

ρ_n — плотность n -ой фазы в зависимости от концентрации (приведенная плотность);

k - параметр, указывающий взаимодействие фаз (коэффициент взаимодействия);

x - координатная ось, направленная вдоль течения.

Приведенные плотности, ρ_1, ρ_2, ρ_3 связаны с истинными плотностями $\rho_{1i}, \rho_{2i}, \rho_{3i}$ следующими зависимостями:

$$\rho_1 = \rho_{1i} f_1, \quad \rho_2 = \rho_{2i} f_2, \quad \rho_3 = \rho_{3i} f_3,$$

f_1, f_2, f_3 - концентраций фаз.

Тогда получим

$$\begin{cases} \frac{du_1}{dx} = -\frac{k}{\rho_{1i} f_1 u_1} (2u_1 - u_2 - u_3), \\ \frac{du_2}{dx} = -\frac{k}{\rho_{2i} f_2 u_2} (2u_2 - u_1 - u_3), \\ \frac{du_3}{dx} = -\frac{k}{\rho_{3i} f_3 u_3} (2u_3 - u_1 - u_2). \end{cases} \quad (1)$$

Начальные условия для скоростей во входном створе канала:

$$u_1(0) = u_{10}, u_2(0) = u_{20}, u_3(0) = u_{30} \quad (2)$$

В данном случае уравнение неразрывности имеют следующий вид (Nysanov, et al, 2020):

$$\begin{cases} \frac{d}{dx}(f_1 u_1) = 0 \\ \frac{d}{dx}(f_2 u_2) = 0 \\ \frac{d}{dx}(f_3 u_3) = 0 \end{cases} \quad (3)$$

$$f_1 + f_2 + f_3 = 1 \quad (4)$$

Начальные условия для концентраций во входном створе:

$$f_1(0) = f_{10}, f_2(0) = f_{20}, f_3(0) = f_{30} \quad (5)$$

Из первого уравнения системы (3), учитывая первое условие (5) находим:

$$f_1 u_1 = C_1, f_1 = \frac{C_1}{u_1}, f_{10} = \frac{C_1}{u_{10}}, C_1 = f_{10} u_{10}, \text{ т.е.}$$

$$f_1 = \frac{f_{10} u_{10}}{u_1} \quad (6)$$

Аналогично из второго уравнения системы (3), учитывая второе условие (5) получим:

$$f_2 = \frac{f_{20} u_{20}}{u_2} \quad (7)$$

а из (4):

$$f_3 = 1 - f_1 - f_2 \quad (8)$$

Подставляя (6)-(8) в систему (1) решаем с начальными условиями (2) методом Рунге-Кутты системы Mathcad и определяем скорости фаз, далее по формулам (6)-(8) определяем концентрации фаз (Umarov, et al, 2004). Для нахождения скорости смеси можно использовать следующую формулу:

$$U = f_1 u_1 + f_2 u_2 + f_3 u_3.$$

При расчете использованы следующие исходные данные:

$$\rho_{1i} = 100 \text{ кг} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4, \quad \rho_{2i} = 250 \text{ кг} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4, \quad \rho_{3i} = 400 \text{ кг} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4, \quad f_{10} = 0,7, \quad f_{20} = 0,2, \\ f_{30} = 0,1, \quad u_{10} = 2 \text{ м} / \text{с}, \quad u_{20} = 0,9 \text{ м} / \text{с}, \quad u_{30} = 0,2 \text{ м} / \text{с}.$$

На рисунке 1 представлено изменение скоростей, а на рисунке 2 концентраций фаз вдоль течения.

Обсуждение. Можно было использовать другой подход решения: Из третьего уравнения системы (3), учитывая третье условие (5) находим:

$$f_3 = \frac{f_{30}u_{30}}{u_3},$$

Тогда

$$u_3 = \frac{f_{30}u_{30}}{f_3} \quad (9)$$

Учитывая (6), (7), (8) выражение (9) примет вид:

$$u_3 = \frac{f_{30}u_{30}u_1u_2}{u_1u_2 - f_{10}u_{10}u_2 - f_{20}u_{20}u_1} \quad (10)$$

Подставляя выражение (6), (7) и (10) в первые два уравнения системы (1) получим:

$$\begin{cases} \frac{du_1}{dx} = -\frac{k}{\rho_{1i}f_{10}u_{10}} \left(2u_1 - u_2 - \frac{f_{30}u_{30}u_1u_2}{u_1u_2 - f_{10}u_{10}u_2 - f_{20}u_{20}u_1} \right) \\ \frac{du_2}{dx} = -\frac{k}{\rho_{2i}f_{20}u_{20}} \left(2u_2 - u_1 - \frac{f_{30}u_{30}u_1u_2}{u_1u_2 - f_{10}u_{10}u_2 - f_{20}u_{20}u_1} \right) \end{cases}$$

Эта система с соответствующими начальными условиями

$$u_1(0) = u_{10}, \quad u_2(0) = u_{20}$$

решается методом Рунге-Кутты системы Mathcad. (Herard, 2007; Rakitin, 2005)

Далее используя найденные u_1 и u_2 определяем по формулам (6), (7), (8) f_1, f_2, f_3 и по формуле (10) u_3 .

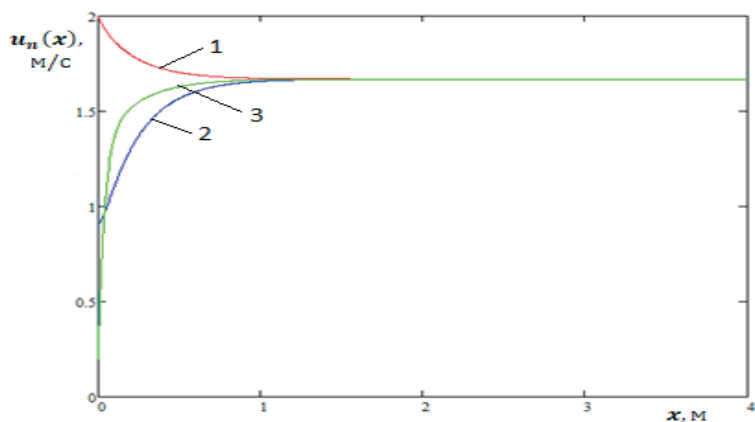


Рис.1. Распределение скоростей фаз вдоль течения.
1- первая фаза; 2- вторая фаза; 3- третья фаза.

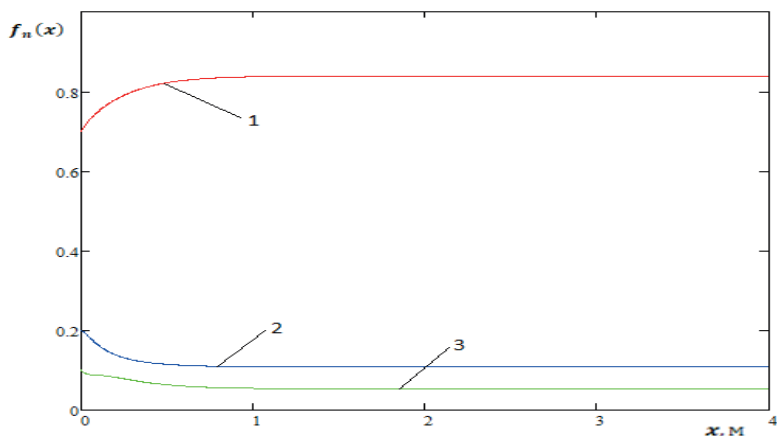


Рис.2. Распределение концентраций фаз вдоль течения.
1- первая фаза; 2- вторая фаза; 3- третья фаза.

Закключение. Анализ полученных результатов показывают: в зависимости от входных данных скорости фаз вдоль течения по мере удаления от входного створа стремятся к одному и тому же постоянному числу, равному начальной скорости смеси. Выявлено, что скорость фазы с большей начальной скоростью всегда больше этого числа, а скорость фазы с меньшей начальной скоростью всегда меньше, т.е. скорость фазы с большей начальной скоростью всегда больше начальной скорости смеси. Концентраций фаз при этом стремятся к различным постоянным числам.

Литература

Нысанов Е.А. (2012) Моделирование и методы расчета совместной задачи течения воды в открытых каналах и пористой среде при неполном насыщении. Монография. — Шымкент. — С. 174 — 186

Островский Г.М. (2000) Прикладная механика неоднородных сред. СПб.: Наука. — С. 359—378

Geng J.H., Groenig H. (2000) Dust suspensions accelerated by shock waves. Experiments in Fluids. — Vol.28. — P. 360—367.

Яргаева В.А., Сеничева Л.В. (2003) Дисперсные системы. Учебное пособие. — Хабаровск: Издательство ХГТУ. — С. 135—165

Квон В.И. (2003) Численный расчет течений и дальнего переноса примеси в равнинных речных водохранилищах. Прикладная механика и техническая физика. — Т.44. — №6. — С. 158—163.

Тукмаков А.Л. (2009) Численное моделирование дрейфа твердых частиц при резонансных колебаниях газа в открытом канале. Акустический журнал. — №2. — С. 247—255.

Чуруксаева В.В. (2016) Численное исследование турбулентных течений в открытых каналах и руслах на основе модели мелкой воды // Дисс. на соиск. уч. степени канд. физ.— мат.н. — Томск. — С.159—185

Кириянов Д.В. (2012) Mathcad 15. MathcadPrime 1.0. СПб: БХВ. — Петербург. — С. 432 — 489
Maxfield B. (2013) Essential PTC(r) Mathcad Prime(r) 3.0: A Guide for New and Current Users. Academic Press. — P.584—664

Nysanov E.A., Kurakbayeva S.D., Umarova Zh.R., Botayeva S.B., Makhanova Z.A. (2015) Modeling of the selecting optimum cross section of open canals. Applied Mathematics & Information Sciences, Volume 6. — №2.— P. 615—628

Нысанов Е.А., Аширбаев Н.К., Куракбаева С.Д. (2015) Моделирование и решение двумерной задачи нестационарного течения двухфазного потока в открытых каналах с учетом фильтрации воды и осаждения твердых частиц. Вестник НИА РК. — №1(55). — С. 67—72

Nysanov E.A., Kemelbekova Zh. S., Ibragimov O.M., Kozhabekova A. E., Osman M. (2020) Calculation of two — speed flow OF two—phase open flow. NEWS of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences, Volume 6. — №444. — P. 203 — 212

Умаров А.И., Нурматов У.Д., Абидов К.З., Ахмедов Ш.Х. (2004) Гидродинамика многофазных сред в трубах. Ташкент: Издательство, ТГТУ — С.184 —204

Herard J.M. (2007) A three—phase flow model [Модель трехфазного потока]. Mathematical and computer modeling, Vol.45. — №5. — P.732—755

Ракитин В.И. (2005) Руководство по методам вычислений и приложения Mathcad. — М.: Физ.—мат. — С. 264—321

References

Churuksaeva V.V. (2016). Chislennoe issledovanie turbulentny`x techenij v otkry`tvx kanalex i ruslax na osnove modeli melkoj vody` [Numerical study of turbulent flows in open channels and riverbeds based on the shallow water mode]. For the degree of Candidate of Physical Sciences. — mat.n. — Tomsk — P.159—185 (in Russian)

Geng J.H., Groenig H. (2000). Dust suspensions accelerated by shock waves. Experiments in Fluids. Vol.28 — P. 360—367. (in Eng.)

Herard J.M. (2007). A three—phase flow model. Mathematical and computer modeling, Vol.45 — №5 — P.732—755 (in Eng.)

Kiryanov D.V. (2012). Mathcad 15 / mathcadprime 1.0. St. Petersburg: BHV—Petersburg — P. 432—489 (in Russian)

Kvon V.I. (2003). Chislenny`j raschet techenij i dal`nego perenosa primesi v ravninny`x rechny`x vodoxranilishax [Numerical calculation of currents and long—range impurity transport in lowland river reservoirs]. Applied Mechanics and technical physics. — vol.44 — №6 — P.158—163. (in Russian)

Maxfield B. (2013). Essential PTC(r) Mathcad Prime(r) 3.0: A Guide for New and Current Users [«Fundamentals of PTC® Mathcad Prime® 3.0: A Guide for New and Existing Users»]. Academic Press — P. 584— 664 (in Eng.)

Nysanov E.A., Ashirbaev N.K., Kurakbaeva S.D. (2015) Modelirovanie i reshenie dvumernoj zadachi nestacionarnogo techeniya dvufaznogo potoka v otkry'ty'x kanalax s ucheto fil'tracii vody i osazhdeniya tverdy'x chasticz [Modeling and solving a two—dimensional problem of unsteady flow of a two—phase flow in open channels, taking into account water filtration and precipitation of solid particles]. Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, — No. 1(55). — P. 67—72 (in Russian)

Nysanov E. A., Kemelbekova Zh. S., Ibragimov O.M., Kozhabekova A. E., Osman M. (2020) Calculation of two—speed flow OF two—phase open flow. NEWS of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences, Volume 6. — №444. — P. 203 – 212 (in Eng.)

Nysanov E.A., Kurakbayeva S.D., Umarova Zh.R., Botayeva S.B., Makhanova Z.A. (2015) Modeling of the selecting optimum cross section of open canals. Applied Mathematics & Information Sciences, Volume 6. — №2.— P. 615—628 (in Eng.)

Ostrovsky G.M. (2000) Prikladnaya mexanika neodnorodny'x sred [Applied mechanics of inhomogeneous media]. St. Petersburg: Nauka — P. 359—378 (in Russian)

Rakitin V.I. (2005) Rukovodstvo po metodam vy'chislenij i prilozheniya Mathcad [A guide to computing methods and Mathcad applications]. Moscow: Phys.—mat.—mat.— P. 264—321 (in Russian)

Tukmakov A.L. (2009) Chislennoe modelirovanie drejfa tverdy'x chasticz pri rezonansny'x kolebaniyax gaza v otkry'tom kanale [Numerical simulation of solid particle drift during resonant gas oscillations in an open channel]. Acoustic Journal. — №2. — P. 247—255. (in Russian)

Umarov A.I., Nurmatov U.D., Abidov K.Z., Akhmedov Sh.Kh. (2004) Gidrodinamika mnogofazny'x sred v trubax [Hydrodynamics of multiphase media in pipes]. Tashkent: Publishing House, TSTU — P.184—204 (in Russian)

Yargaeva V.A., Senicheva L.V. (2003) Dispersny'e sistemy' [Dispersed systems]. Textbook. Khabarovsk: KHSTU Publishing House. — P. 135—165 (in Russian)

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

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

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

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

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

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

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

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

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

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

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

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

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

Редакторы: *Д.С. Аленов, Ж.Ш. Әден*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадыранова*

Подписано в печать 20.06.2025.

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

20,0 п.л. Заказ 2.