

ISSN 1998-6688

KAZAKH  BRITISH
T E C H N I C A L
U N I V E R S I T Y

ВЕСТНИК

КАЗАХСТАНСКО-БРИТАНСКОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Том 17, Выпуск 1
Март 2020

**ҚАЗАҚСТАН - БРИТАН ТЕХНИКАЛЫҚ
УНИВЕРСИТЕТІНІҢ**

ХАБАРШЫСЫ

HERALD

**OF THE KAZAKH - BRITISH TECHNICAL
UNIVERSITY**

ВЕСТНИК

**КАЗАХСТАНСКО - БРИТАНСКОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**Volume 17, Issue 1
January-March 2020**

**ҚАЗАҚСТАН - БРИТАН ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ХАБАРШЫСЫ**

HERALD
OF THE KAZAKH - BRITISH TECHNICAL UNIVERSITY

ВЕСТНИК
КАЗАХСТАНСКО - БРИТАНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Алматы

№ 1 (52)

2020

Главный редактор – Ректор КБТУ,
Ибрашев К.Н.

Заместитель главного редактора –
Габдуллин М.Т.

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

**Акжалова А.Ж., Атсуши Иное, Байгунчечков Ж.Ж., Бекмухаметова З.А.,
Буркитбаев М.М., Gavin Kretzschmar, Джанг Ванг Ли, Джумадилдаев А.С.,
Ергожин Е.Е., Еремин Н.А., Журинов М.Ж., Йозеф Монтаг,
Коробкин В.В., Masakazu Yoshikawa, Мынбаев К.Т., Рамеш Кини,
Сатубалдин С.С., Скакова А.А., Сулейменов Э.Н., Танекенов А.,
Умаров Ф.Ф., Харин С.А., Шакуликова Г.Т., Шейх Али Д.М.**

Издание зарегистрировано Министерством культуры и информации
Республики Казахстан. Свидетельство о постановке на учет
СМИ № 9757 - Ж от 03.12.2008 г.

Журнал зарегистрирован в Международном центре по регистрации сериальных изданий
ISSN (ЮНЕСКО, г. Париж, Франция)

Подписной индекс - 74206

Издается с 2004 года. Выходит 4 раза в год.

УЧРЕДИТЕЛЬ
Казахстанско-Британский технический университет

ISSN 1998-6688

© Казахстанско-Британский
технический университет, 2020

CONTENTS

OIL AND GAS ENGINEERING

Adilbekova A.O., Orazgali D.T., Ertaeva A.B. MICROWAVE TREATMENT FOR DEWATERING OF CRUDE OIL EMULSIONS	9
Ivakhnenko A.P., Yessentayeva A.A., Nifontov Yu.A., Nadirov K.S. SELECTION OF FILLERS FOR EXTERNAL COATING OF OIL PIPELINES	17
Satiev N.B., Tikebaev T.A. THE FIRST DEVIATED WELLBORE UNDERREAMING WHILE CLOSED HOLE CIRCULATION DRILLING	26

CHEMICAL, TECHNOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL SCIENCES

Ahat G., Tleuov A.S., Tleuova S.T., Pazylova D.T. THERMODYNAMIC MODELING OF AGGLOMERATION OF MANGANESE– CONTAINING RAW MATERIALS USING OIL AND BITUMINOUS ROCKS.....	39
Bektenov N.A., Nurzhigitova A.T., Sadiyeva K.R., Masalimova B.K., Nurlybayeva A.N. OBTAINING AMBER BY REACTING MOLTEN SULFUR-CONTAINING WASTE FROM THE SULFURIC ACID PRODUCTION PLANT WITH ORGANIC ACIDS.....	49
Brzhanov R.T. TIME FACTOR FOR SET OF CRITICAL STRENGTH OF WINTER CONCRETE.....	56
Yessimova O.A., Kazizkhanova B.K., Kumargaliyeva S.Sh., Mussabekov K.B., Kerimkulova M.Zh. THE EFFECT OF COMPOSITIONS OF ANIONIC AND NONIONIC SURFACTANTS ON THE STABILITY OF EMULSIONS	61
Kydyralieva A., Besterekov U., Petropavlovskiy I., Bolysbek A. DIFFICULT-MIXED NPK-FERTILIZERS BASED ON AMMONIUM NITRATE, PHOSPHOROUS FLOUR AND POTASSIUM CHLORIDE.....	68
Makanova L.K. RESEARCH OF THE INFLUENCE OF CONCENTRATION OF PHOSPHORIC AND SULFURIC ACIDS DECOMPOSITION OF PHOSPHATE RAW MATERIAL.....	81
Nurlybayeva A.N., Darmenbayeva A.S., Sholak A.A., Kulazhanova A.S., Nazarbekova A.N., Kemelbekova M.I. TECHNOLOGY FOR MODIFYING ACTIVE COAL WITH COPPER CHLORIDE HAS BEEN DEVELOPED.....	90
Sainova G.A., Akbasova A.D., Nurdillayeva R.N., Zhumabay B.Zh., Baikhamurova M.O. THE NATURE OF HUMIC ACIDS IN VERMICOMPOST	95

PHYSICAL, MATHEMATICAL AND TECHNICAL SCIENCES

Abdigalykova G.A., Dzhumagalieva A.M., Toleshev A.T. FUNDAMENTALS OF DESIGNING AN AUTOMATED MANAGEMENT DECISION MAKING SYSTEM FOR PERSONNEL ISSUES IN MODERN ENTERPRISES.....	102
Amirkhanov B.S., Zholmagambetova B.R., Dzhomartova Sh.A., Shormanov T.S. BIOPYTHON ALGORITHMS	105
Altybay A., Tokmagambetov N. MPI PARALLEL IMPLEMENT OF A WAVE EQUATION USING AN IMPLICIT FINITE	

DIFFERENCE SCHEME	112
Gagarina L.G., Petrozhitsky D.V., Slyusar V.V., Atanov S.K., Brimzhanova S.S. RESEARCH AND DEVELOPMENT OF MODELS OF EXPERT ANALYSIS OF RISK INDICATORS IN THE IMPLEMENTATION OF PROGRAMS FOR THE CREATION OF SPACE ASSETS	120
Zhanys A. B., Ramazanov N.S., Tursynbay N. F. PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF AUTOMATION OF DISTRIBUTION OF FORAGES ON AGRICULTURAL FARMS	130
Zhussupbekov A.Z., Tleulenova G.T., Omarov A.R., Tanyrbergenova G.K. NUMERICAL SIMULATION OF FOUNDATIONS OF FREEZING SOIL.....	137
Zueva Ye. ANALYSIS OF WORK OF DEVICES WITH BAD-USB VULNERABILITY	143
Kubayev K., Baisholanova K. METHODS OF MANAGEMENT OF TECHNICAL SYSTEMS RELIABILITY BY IMPROVING EFFICIENCY	150
Kudaibergenova R.M., Sugurbekova G.K., Nurlybayeva A.N., Kantarbayeva S.M., Baybazarova E.A. FUNCTIONALIZATION AND MODIFICATION OF CARBON NANOMATERIALS BASED ON GRAPHENE	159
Sagitova G. K., Mukhamedzhanova G. S. PROSPECTS AND FEATURES OF THE DEVELOPMENT CHAT-BOT AS A SIMPLE AND CONVENIENT METHOD OF OBTAINING INFORMATION	167
Uvalieva I.M., Ismukhamedova A.M. IMPLEMENTATION OF INTELLECTUAL ANALYSIS OF THYROID GLAND INDICATORS	172
Umarov F.F., Dzhurakhalov A.A., Rasulov A.M., Yadgarov I.D. COMPUTER SIMULATION OF PARTICLE- SOLID SURFACE INTERACTIONS.....	182
Tsoy D.D., Daineko Y.A. Ipalakova M.T., Daineko R.A. VISUALIZATION SYSTEM OF CARDIOVASCULAR PATHOLOGIES WITHIN THE TRAINING APPLICATION OF VIRTUAL REALITY	198
Yunicheva N.R., Bostanbekov K.A., Alimova A.N., Vitkovskaya I.S. NUMERICAL EXPERIMENTS ON THE SELECTION OF PARAMETRIZATION SCHEMES OF MICROPHYSICAL CLIMATE SYSTEM PROCESSES IN THE CENTRAL ASIA REGION	204
ECONOMICS AND SOCIAL SCIENCES	
Omarov T., Taikulakova G. PLANNING AND OPTIMIZATION USING PLANNING TOOL.....	222
Uvaliyeva I., Abylkassymuly B., Vays Yu. APPLICATION OF DATA ANALYSIS METHODS IN HUMAN RESOURCE MANAGEMENT	229
ANNIVERSARY DATES AND PERSONALITIES	235
INFORMATION ABOUT AUTHORS	237

СОДЕРЖАНИЕ

НЕФТЕГАЗОВАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

Адилъбекова А.О., Оразгали Д.Т., Ертаева А.Б. МИКРОВОЛНОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ДЛЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ НЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ.....	9
Ивахненко А.П., Есентаева А.А., Нифонтов Ю.А., Надиров К.С. ПОДБОР НАПОЛНИТЕЛЕЙ ДЛЯ НАРУЖНОГО ПОКРЫТИЯ НЕФТЕПРОВОДОВ.....	17
Сатиев Н.Б., Тикебаев Т.А. ПЕРВАЯ НАКЛОННАЯ РАСШИРЕНИЯ СТВОЛА СКВАЖИНЫ ПРИ БУРЕНИИ БЕЗ ВЫХОДА ЦИРКУЛЯЦИИ	26

ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ И ЭКОЛОГИЯ

Ахат Г., Тлеуов А.С., Тлеуова С.Т., Пазылова Д.Т. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АГЛОМЕРАЦИИ МАРГАНЕЦ– СОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕФТЕБИТУМИНОЗНЫХ ПОРОД	39
Бектенов Н.А., Нуржигитова А.Т., Садиева Х.Р., Масалимова Б.К., Нурлыбаева А.Н. ПОЛУЧЕНИЕ ЯНТАРЯ ПУТЕМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАСПЛАВЛЕННОГО СЕРОСОДЕРЖАЩЕГО ОТХОДА ЦЕХА ПО ПРОИЗВОДСТВУ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ С ОРГАНИЧЕСКИМИ КИСЛОТАМИ	49
Бржанов Р.Т. ФАКТОР ВРЕМЕНИ ДЛЯ НАБОРА КРИТИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ЗИМНЕГО БЕТОНА	56
Есимова О.А., Құмарғалиева С.Ш., Қазизханова Б.Қ., Мусабеков К.Б., Керімкулова М.Ж. ВЛИЯНИЕ КОМПОЗИЦИЙ АНИОННЫХ И НЕИОННЫХ ПАВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЭМУЛЬСИЙ.....	60
Кыдыралиева А., Бестереков У., Петропавловский И., Болысбек А. СЛОЖНО-СМЕШАННЫЕ НРК-УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ, ФОСФОРИТНОЙ МУКИ И ХЛОРИДА КАЛИЯ	67
Маканова Л.К. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ФОСФОРНОЙ И СЕРНОЙ КИСЛОТ ПРИ РАЗЛОЖЕНИИ ФОСФАТНОГО СЫРЬЯ	81
Нурлыбаева А.Н., Дарменбаева А.С., Шолак А.А., Кулажанова А.С., Назарбекова А.Н., Кемелбекова М.И. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ АКТИВНОГО УГЛЯ ХЛОРИДОМ МЕДИ	90
Саинова Г.А., Акбасова А.Д., Нурдиллаева Р.Н., Жумабай Б.Ж., Байхамурова М.О. ПРИРОДА ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ В ВЕРМИКОМПОСТЕ.....	95

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Абдыгаликова Г.А., Джумагалиева А.М., Толешев А.Т. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ	
--	--

УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ВОПРОСАМ ПЕРСОНАЛА В СОВРЕМЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ	101
Амирханов Б.С., Жолмагамбетова Б.Р., Джомартова Ш.А., Шорманов Т.С.	
АЛГОРИТМЫ BIOPUTRON.....	105
Алтыбай А., Токмагамбетов Н.	
МРІ ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ДВУМЕРНОГО ВОЛНОВОГО УРАВНЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЯВНОЙ КОНЕЧНО-РАЗНОСТНОЙ СХЕМЫ.....	112
Гагарина Л.Г., Петрожицкий Д.В., Слюсарь В.В., Атанов С.К., Бримжанова С.С.	
ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ЭКСПЕРТНОГО АНАЛИЗА ПОКАЗАТЕЛЕЙ РИСКОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММ СОЗДАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ	119
Жаныс А.Б., Рамазанов Н.С., Турсынбай Н.Ф.	
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОРМОВ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ХОЗЯЙСТВАХ.....	130
Жусупбеков А.Ж., Тлеуленова Г.Т., Омаров А.Р., Танырбергенова Г.К.	
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНДАМЕНТОВ В ПРОМЕРЗАЮЩИХ ГРУНТАХ	138
Зуева Е.А.	
АНАЛИЗ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ С УЯЗВИМОСТЬЮ BADUSB.....	143
Кубаев К.Е., Байшоланова К.С.	
МЕТОДИКА УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПУТЕМ УЛУЧШЕНИЯ ЕЕ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ	149
Кудайбергенова Р.М., Сугурбекова Г.К., Нурлыбаева А.Н., Кантарбаева С.М., Байбазарова Э.А.	
ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ И МОДИФИЦИРОВАНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ГРАФЕНА	158
Сагитова Г.К., Мухамеджанова Г.С.	
ПЕРСПЕКТИВЫ И ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ЧАТ-БОТ КАК ПРОСТОЙ И УДОБНЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ	166
Увалиева И.М., Исмухамедова А.М.	
РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ	172
Умаров Ф.Ф., Джурахалов А.А., Расулов А.М., Ядгаров И.Д.	
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ЧАСТИЦА-ПОВЕРХНОСТЬ ТВЕРДОГО ТЕЛА	182
Цой Д.Д., Дайнеко Е.А., Ипалакова М.Т., Дайнеко Р.А.	
СИСТЕМА ВИЗУАЛИЗАЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ПАТОЛОГИЙ В РАМКАХ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ	198
Юничева Н.Р., Бостанбеков К.А., Алимова А.Н., Витковская И.С.	
ЧИСЛЕННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ПОДБОРУ СХЕМ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ МИКРОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КЛИМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В РЕГИОНЕ ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЗИЯ	204

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Омаров Т.Ж., Тайкулакова Г.С.	
ПЛАНИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТА ПЛАНИРОВАНИЯ “PRIMAVERA”	221

Увалиева И., Абылкасымулы Б., Вайс Ю.	
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ДАННЫХ В УПРАВЛЕНИИ	
ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ.....	228
ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ И ПЕРСОНАЛИИ.....	235
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ.....	237

УДК 519.6
МРНТИ 27.41.19

MPI PARALLEL IMPLEMENT OF A WAVE EQUATION USING AN IMPLICIT FINITE DIFFERENCE SCHEME

ALTYBAY A.¹, TOKMAGAMBETOV N.²

^{1,2}Al-Farabi Kazakh National University

Abstract: In this paper we will discuss the parallel implementation of the two-dimensional acoustic wave equation using the implicit difference method. As the programming environment used the distributed memory model of parallel computation and MPI (Message Passing Interface) system. The parallel approach is based on the parallelization of the tridiagonal matrix and uses the Yanenko method. The performance of the parallel algorithm has been studied using distributed computing method, and performed on supercomputer cluster. It has been observed that the parallel implementation provides a significant reduction in the computation time when compared with the serial implementation algorithm.

Key words: parallel programming, high-performance computing, numerical simulation, MPI, wave equation, cluster

ЕКІ ӨЛШЕМДІ ТОЛҚЫН ТЕҢДЕУІН, АЙҚЫН ЕМЕС АЙЫРМДЫЛЫҚ СХЕМАСЫН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП MPI ПАРАЛЛЕЛЬ ЖҮЗЕГЕ АСЫРУ

Аңдатпа: Бұл жұмыста біз, екі өлшемді акустикалық толқын теңдеуінің айқын емес айырмдылық схемасын қолдана отырып параллель орындалуын қарастырамыз. Программалау ортасы ретінде параллельді есептеудің үлестірілген жады моделін және MPI (Message Passing Interface) жүйесі қолданды. Параллельдеу әдісі үш диагональды матрицаның параллельдеуге негізделген және Яненко әдісін қолданады. Параллель алгоритмнің өнімділігі үлестірілген есептеу әдісі арқылы зерттелді және суперкомпьютер кластерінде орындалды. Параллельді есептеу, тізбектей есептеу алгоритмімен салыстырғанда есептеу уақытын едәуір қысқартуды, қамтамасыз ететіндігі байқалды.

Түйінді сөздер: параллельді программалау, жоғары өнімділікті есептеу, сандық модельдеу, MPI, толқын теңдеуі, кластер

MPI ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ДВУМЕРНОГО ВОЛНОВОГО УРАВНЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЯВНОЙ КОНЕЧНО-РАЗНОСТНОЙ СХЕМЫ

Аннотация: В этой статье мы обсудим параллельную реализацию двумерного уравнения акустической волны с использованием метода неявных разностей. В качестве среды программирования использовалась модель распределенной памяти параллельных вычислений и система MPI (Message Passing Interface). Параллельный подход основан на распараллеливании трехдиагональной матрицы и использует метод Яненко. Производительность параллельного алгоритма была изучена с использованием метода распределенных вычислений и выполнена на кластере суперкомпьютеров. Наблюдалось, что параллельная реализация обеспечивает

значительное сокращение времени вычислений по сравнению с алгоритмом последовательной реализации.

Ключевые слова: *параллельное программирование, высокопроизводительные вычисления, численное моделирование, MPI, волновое уравнение, кластер*

1. Introduction

The application of high-performance parallel computing in mathematical modeling opens up new possibilities for studying physical processes in longer time and more extensive spatial domains. Currently, various high-performance parallel computing is used in many areas. One of such applications is acoustics. One of the most important tasks of acoustics is the problem of wave field modeling.

There is a large amount of work devoted to numerical methods developed for the study of wave processes in recent decades. It includes the finite-difference method [7], the finite-volume method [4], the finite-element method [8], the two-level compact ADI method [11], the implicit Finite Difference Time Domain Methods [3], the boundary [integral] element method [9], and spectral methods [21]. A completely non-linear model must be applied to many problems. Most models have been developed for technical applications. These numerical methods provide some of the most natural methods for modeling the propagation and scattering of underlying waves in electromagnetic, acoustic and elastic studies. However, as indicated in [10], the aforementioned methods have several disadvantages if the second-order equations are converted to first-order systems before discretization, especially in the presence of several spatial dimensions. Therefore, recently, much attention has been paid to the development of efficient finite-difference methods that directly discretize second-order differential equations [5, 6].

The two-dimensional approach (as a conformal method) considers a highly idealized wave field, since even monochromatic waves in the presence of side perturbations quickly acquire a two-dimensional structure. The difficulties encountered are not a direct result of the increase in size. The main complication

is that the problem cannot be reduced to a two-dimensional problem, and even for the case of a two-periodic wave field, the problem of solving the Laplace-type equation for the velocity potential arises. Most models designed to study the three-dimensional dynamics of waves are based on simplified equations, such as second-order perturbation methods, in which higher-order terms are ignored. In general, it is unclear what effects are missing in such simplified models. Our current work is motivated by recent interest in the development and application of high-order compact difference methods for solving partial differential equations. Obviously, higher-order compact difference schemes have better resolution on stencils with a compact grid compared to non-compact or low-level methods [1, 12].

For multidimensional problems, the efficiency of an implicit compact difference scheme depends on the computational efficiency of the corresponding matrix solvers. From this point of view, the method of fractional steps [2] is promising because they can decompose a multidimensional problem into a series of one-dimensional problems. It has been shown that schemes acquired are unconditionally stable.

For the proper assignment of large domains of modeling, two- or three-dimensional computational grids with a sufficient number of nodes are used. Calculations on such grids require more CPU time and computer memory resources. To accelerate the computation process, MPI technology was used in this paper, which allows the program to operate on larger grids (up to 1 billion nodes).

Here we consider some issues in the numerical simulation of some problems in the propagation of wave in acoustic on high performance computing systems.

2. Wave equation: theoretical part

We consider two-dimensional wave equation

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - c^2 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) = f(x, y, t), (t, (x, y)) \in [0, T] \times [0, l]; \quad (2.1)$$

subject to the initial conditions

$$u(0; x, y) = \varphi_1(x, y); x, y \in [0; l]; \quad (2.2)$$

$$\frac{\partial u(0, x, y)}{\partial t} = \varphi_2(x, y); x, y \in [0; l]; \quad (2.3)$$

and boundary conditions

$$u(t, x, 0) = 0, u(t, x, l) = 0, t \in [0, T], x \in [0, l]; \quad (2.4)$$

$$u(t, 0, y) = 0, u(t, l, y) = 0, t \in [0, T], y \in [0, l]. \quad (2.5)$$

As it was theoretically outlined in [15, 16, 17] (also, see [13, 14, 18]), we start to analyze our problem by regularizing distribution function $a(t)$ by a parameter ε , that is, we get

$a_\varepsilon(t) := (a * \varphi_\varepsilon)(t)$, as the convolution with the mollifier

$$\varphi_\varepsilon(t) = \frac{1}{\varepsilon} \varphi(t/\varepsilon),$$

with

$$\varphi(t) = \begin{cases} \frac{1}{c} e^{\frac{1}{c^2-1}|t|} & |t| \leq 1 \\ 0, & |t| > 1. \end{cases}$$

where $c \cong 0,443994$ to obtain

Hereinafter, we assume that $l = 10$. Then, instead of (2.1) we consider the regularized equation

$$\partial_{tt}^2 u_\varepsilon(t, x, y) - (\partial_{xx}^2 + \partial_{yy}^2) u_\varepsilon(t, x, y) = 0, (t, (x, y)) \in [0, T] \times [0, 10] \quad (2.6)$$

Here, we put

$$u_0(x, y) = \begin{cases} e^{\frac{1}{c^2-1} \sqrt{(x-5)^2 + (y-5)^2 - 0.5}} & (x-5)^2 + (y-5)^2 - 0.5 < 0 \\ 0, & (x-5)^2 + (y-5)^2 - 0.5 > 0. \end{cases}$$

We note that supp

$$u_0 \subset [4; 5; 5; 5] \times [4; 5; 5; 5].$$

3. Numerical experiments

We introduce a space-time grid with steps h_1, h_2, τ respectively, in the variables x, y, t :

$$x_i = ih_1, i = \overline{0, N}; y_j = jh_2, j = \overline{0, N}; t_k = k\tau, k = \overline{0, 1, \dots, 2T} \quad (3.1)$$

and on this grid we will approximate the differential problem (2.6) with the conditions

(2.2)-(2.5) using the finite difference method.

3.1. The method of fractional steps

The fractional step method uses only implicit finite difference operators, which makes it absolutely stable in problems that do not contain mixed derivatives. It has a fairly significant stability margin in problems with mixed derivatives[2]. For problem (2.2)-(2.5) the scheme The method of fractional steps has the form

$$\frac{u_{i,j}^{k+1/2} - 2u_{i,j}^k + u_{i,j}^{k-1/2}}{\tau^2} - c^2 \left(\frac{u_{i+1,j}^{k+1/2} - 2u_{i,j}^{k+1/2} + u_{i-1,j}^{k+1/2}}{h_1^2} \right) = f_{i,j}^k \quad (3.2)$$

$$\frac{u_{i,j}^{k+1} - 2u_{i,j}^{k+1/2} + u_{i,j}^k}{\tau^2} - c^2 \left(\frac{u_{i,j+1}^{k+1} - 2u_{i,j}^{k+1} + u_{i,j-1}^{k+1}}{h_2^2} \right) = f_{i,j}^{k+1/2} \quad (3.3)$$

Using the implicit subscheme (3.2), the Thomas method is performed in the x direction, with the result that we get the grid function $u_{i,j}^{k+1/2}$. In the second fractional time step, using the subscheme (3.3), the Thomas method is performed in the direction of the y axis, with the result that we get the grid function $u_{i,j}^{k+1}$. The method of fractional steps has the order $O(\tau + |h^2|)$, i.e. the first order in time and the second in x and y variables. In the following, we demonstrate numerical simulations. All calculations are made in C++ by using the Thomas method. For all simulations $\Delta t = 0,5$, $\Delta x = \Delta y = 0,1$. In all computer simulations, we use Matlab R2018b.

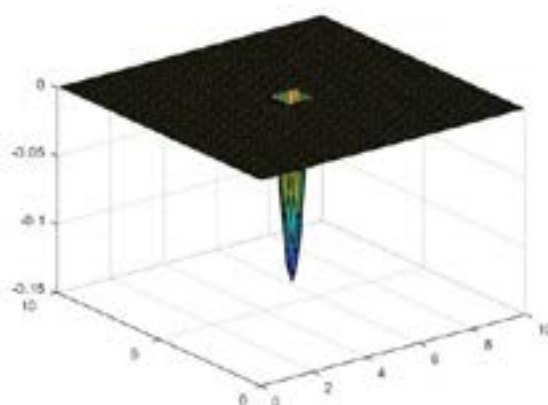


Figure 1. Initial value of u at $t = t_0$.

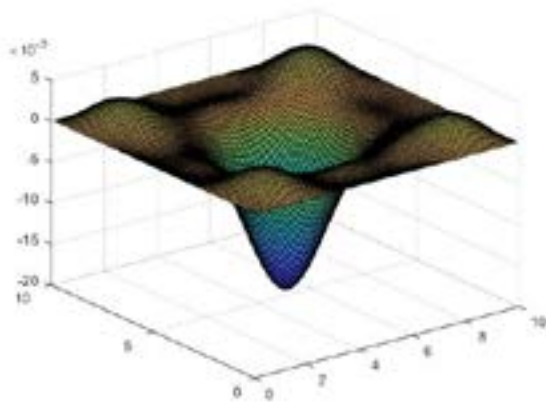


Figure 2: Solution of u at $t = t100$.

4. Parallel Algorithm

On the basis of these methods we wrote the code of parallel modeling for the two-dimensional wave equation with distribution coefficient. The overlapping is based on the way divisions of domains and keeps the implicit nature of the scheme. It corresponds to a completely implicit interpretation of Yanenko [20]. Each processor processes one subdomain. On each temporary step all processors update the internal knots (in parallel), and then exchange the interface knots with the neighbors. Unlike methods of decomposition of areas for elliptic tasks, our procedure is algebraically equivalent to consecutive. Our strategy leads naturally to a

message passing implementation. We have chosen to use MPI in order to evaluate its ease of use and expressiveness, and also to benefit from its portability. According to the data decomposition format mentioned above, Fig. 3 demonstrates the pure MPI parallelization which is designed on the basis of serial algorithm by using peer-to-peer mode and standard communication mode. In another word, the parallel program is executed on a multiprocessor cluster by creating one MPI process for each CPU on the system, and each process deals with different data obtained from the matrix. In this case all process interactions will happen via message-passing.

To parallelize problem (1.1) we apply the method proposed by N.N. Yanenko. With coauthors [20]. The method of Yanenko contains three stages:

- 1) finding prejudices,
- 2) finding the boundary-processor solutions,
- 3) restore solution.

The first and third stages are performed independently on each device (universal processor, accelerator or coprocessor). And the second stage requires communication between MPI processes. Thus, the efficiency of the parallelization of the Yanenko method directly depends on the efficiency of the parallelization of this stage.

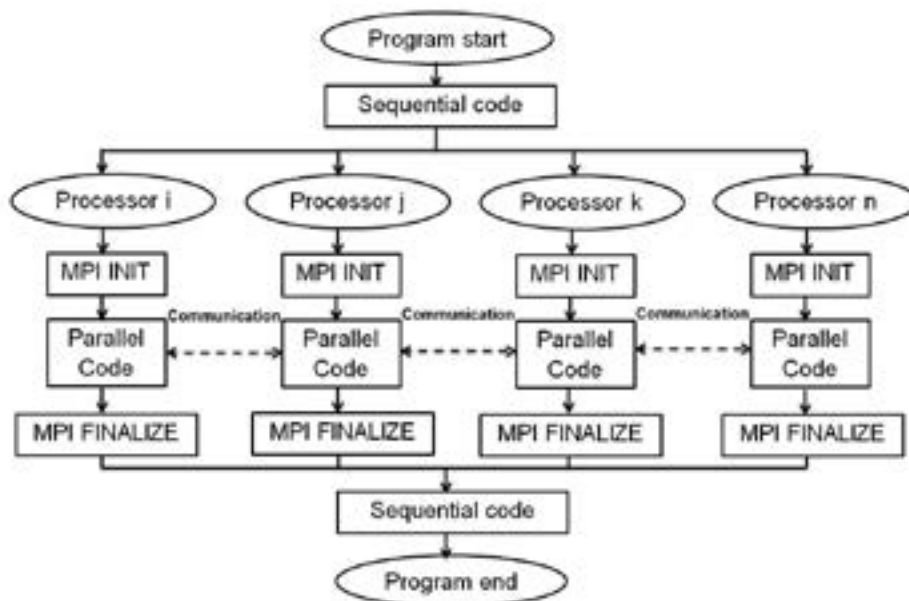


Figure 3. Parallel model of MPI

4.1. Parallel algorithm.

```

1: init parallel environment
2: for all MPI processes do in parallel
3: get the input parameters like N, L, pi,T
4: allocate local memory u0; u; alfa; beta;U;
V;W and so forth
5: init variables and arrays
6: compute the initial condition u0 and
boundary condition
7: record time t1
8: while (t < T) do
9: t ← t + τ
10: Compute ap bp cp fi
11: ai, bi, ← aτ2
12: ci ← h2 + 2aτ2

13: fi ← h2ui,jk-1/2 - 2h2ui,jk
14: ui,jk+1/2 ← YanenkoMethod(ai, bi, ci, fi)

15: Compute ap bp cp fj
16: aj, bj ← aτ2
17: cj ← h2 + aτ2

18: fj ← h2ui,jk - 2h2ui,jk+1/2
19: ui,jk+1 ← YanenkoMethod(aj, bj, cj, fj)

20: swap (ui,jk-1/2, ui,jk+1/2)
21: swap (ui,jk, ui,jk+1)

```

22: endwhile

23: record time t2

24: output t2- t1

25: stop parallel environment

5. Experimental Results

All calculations and tests were carried out on Satbayev universities cluster the cluster consisting of 5 nodes, each node has 12 core connected by a high-speed InfiniBand HCA 40Gb/s, QDR bus. Each node contains two Intel Xeon E5-2620v2 6C / 12T 2.10GHz 15MB processors and 8 GB of RAM. The performance of a parallel algorithm is determined by calculating its speedup. Speedup is defined as the ratio of the worst-case execution time of the fastest known sequential algorithm for a particular problem to the worst-case execution time of the parallel algorithm.

$$S = \frac{T_s}{T_p};$$

where T_s is the serial run time, T_p is the parallel run time .

The efficiency is defined as the ratio of speedup to the number of processors. Efficiency measures the fraction of time for which a processor is usefully utilized.

$$E = \frac{S}{p} = \frac{T_s}{pT_p};$$

where S is the speedup, p is the number of processors. The test results are presented in table 1 and figure 4.

Table 1 – Computational domain size is: $N_x = N_y = 3000$; $N_{timesteps} = 300$, where N_x is the number of mesh points in x - direction, N_y is the number of mesh points in y - direction and $N_{timesteps}$ is the number of steps in time.

Number of cores	Execution time (in seconds)	Speedup	Programs efficiency (%)
1	465,84	1	100
2	271,32	1.72	85.85
4	128,12	3.64	90.90
8	61,01	7.64	95.44
10	47,45	9.82	98.17
16	42,57	10.94	68.39
20	41,09	11.34	56.69
32	35,11	13.27	41.46
40	34,78	13.39	33.48
50	34,26	13.60	27.19

6. Conclusion

We have implemented a parallel solver for the 2D wave equation with a distributional coefficient, using the MPI standard. The implementation of the parallelization method of the Thomas algorithm for solving the wave equation arising in the simulation of two-dimensional physical processes on supercomputers has been implemented.

The test results show that the method of Yanenko is much more effective on individual nodes than the several nodes. This means that this method is very effective on personal computers than the cluster this is because it takes a lot of

time to exchange data between nodes. In the future, it is planned to try to apply the method of parallel-cyclic reduction at the second stage of the Yanenko method, to investigate the possibility of increasing the parallelization efficiency, and to use vectorization in order to increase the acceleration from using coprocessors.

This work was supported by the MESRK Grant AP05130994 “Non-Harmonic Analysis and its applications” of the Committee of Science, Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan.

LITERATURE

1. G. Cohen. High-Order Numerical Methods for Transient Wave Equations, Springer, NewYork, 2002.
2. N. N. Yanenko. The Method of Fractional Steps, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1971.
3. H.K. Rouf. 1971, Implicit Finite Difference Time Domain Methods. Theory and Applications/ Hasan Khaled Rouf. -LAP Lambert Academic, 208,2011.
4. D. M. Causon, C. G. Mingham, L. Qian. Developments In Multi-Fluid Finite Volume Free Surface Capturing Methods, Advances in Numerical Simulation of Nonlinear Water Waves, 11, 397-427, 2010.
5. M. Dehghan, A. Mohebbi. The combination of collocation, finite difference, and multigrid methods for solution of the two-dimensional wave equation, Number. Methods Partial Differential Equation, 24, 897-910, 2008.
6. H.F. Ding, Y.X. Zhang. A new fourth-order compact finite difference scheme for the two dimensional second-order hyperbolic equation, J. Comput. Appl. Math., 72, 626-632, 2009.
7. A. P.Engsig-Karup, , B. Harry, , H. B. Bingham, , and O. Lindberg. An efficient exible-order model for 3D nonlinear water waves, J. Comput. Phys., 228:6, 2100-2118, 2009.
8. D. Greaves. Application Of The Finite Volume Method To The Simulation Of Nonlinear Water Waves, Advances in Numerical Simulation of Nonlinear Water Waves, 11, 357-396, 2010.
9. J.Grue, D.Fructus. Model For Fully Nonlinear Ocean Wave Simulations Derived Using Fourier Inversion Of Integral Equations In 3D, Advances in Numerical Simulation of Non-linear Water Waves, 11, 1-42, 2010.
10. H. O. Kreiss, N.A. Petersson, J. Ystrom. Difference approximation for the second-order wave equation, SIAM J. Numer. Anal. 40, 1940-1967, 2002.
11. H. L. Liao and Z. Z. Sun. A two-level compact ADI method for solving second-order wave equations, Int. J. Comput. Math. 90:7, 1471-1488,2013
12. J.M. Liu , K.M. Tang. A new unconditionally stable ADI compact scheme for the two space-dimensional linear hyperbolic equation, Int. J. Comput. Math. 87:10, 2259-2267,2010.
13. J. C. Munoz, M. Ruzhansky, and N. Tokmagambetov. Wave propagation with irregular dissipation and applications to acoustic problems and shallow waters. J. Math. Pures Appl., 123:127-147, – 2019.

14. J. C. Munoz, M. Ruzhansky, and N. Tokmagambetov. Acoustic and shallow water wave propagations with irregular dissipation. *Funct. Anal. Appl.*, to appear.
15. M. Ruzhansky, N. Tokmagambetov. Very weak solutions of wave equation for Landau Hamiltonian with irregular electromagnetic field. *Lett. Math. Phys.*, 107(4):591-618, 2017.
16. M. Ruzhansky, N. Tokmagambetov. Wave equation for operators with discrete spectrum and irregular propagation speed. *Arch. Ration. Mech. Anal.*, 226(3):1161-1207, 2017.
17. M. Ruzhansky, N. Tokmagambetov. On a very weak solution of the wave equation for a Hamiltonian in a singular electromagnetic field. *Math. Notes*, 103(5-6):856-858, 2018.
18. M. Ruzhansky, N. Tokmagambetov. Wave Equation for 2D Landau Hamiltonian. *Appl. Comput. Math.*, 18(1):69-78, 2019.
19. I. S. Sapronov, A. N. Bykov. Parallel'no-konveyernyy algoritm [Pipelined Thomas algorithm]// *Atom.*, 44, 24-25, 2009.
20. N. N. Yanenko, A. N. Konovalov, A. N. Bugrov, G. V. Shustov. Ob organizatsii parallel'nykh vychisleni i "rasparallelivani" progonki [On organization of parallel computations and parallelization of the tridiagonal matrix algorithm]. *Numerical Methods of Continuum Mechanics*. 9(7):139-146, 1978.
21. G. Ducrozet, F. Bonnefoy, D. L. Touze, P. Ferrant. Open-source solver for nonlinear waves in open ocean based on High-Order Spectral method, *Comp. Phys. Comm.*, 203, 245-254, 2016.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- | | | |
|----|-------------------|---|
| 1 | Абдыгаликова Г.А. | к.п.н., ст.преподаватель, Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Нур-Султан |
| 2 | Абылкасымулы Б. | магистрант, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева |
| 3 | Адилбекова А.О. | к.х.н., доцент, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби |
| 4 | Акбасова А.Д. | д.т.н., профессор, Международный казахско-турецкий университет им. Х.А. Ясави |
| 5 | Алимова А.Н. | доктор PhD, Казахский Национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева |
| 6 | Алтыбай А. | PhD-докторант, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби |
| 7 | Амирханов Б.С. | докторант, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби |
| 8 | Атанов С.К. | д.т.н., профессор, Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан |
| 9 | Ахат Г.Б. | магистрант, Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова |
| 10 | Байбазарова Э.А. | магистр, ст.преподаватель, Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати |
| 11 | Байхамурова М.О. | PhD-докторант, Казахский Национальный аграрный университет |
| 12 | Байшоланова К.С. | д.э.н., профессор, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, член-корреспондент Российской академии естествознания |
| 13 | Бектенов Н.А. | д.х.н., профессор, Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати |
| 14 | Бестереков У. | д.т.н., профессор, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова |
| 15 | Болысбек А. | к.т.н., доцент, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова |
| 16 | Бостанбеков К.А. | доктор PhD, Казахский Национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева |
| 17 | Бржанов Р.Т. | к.т.н., профессор, академик МАИН, Каспийский государственный университет технологии и инжиниринга им. Ш.Есенова, г. Актау |
| 18 | Бримжанова С.С. | докторант, Костанайский государственный университет им. А. Байтурсынова |

- | | | |
|----|---------------------|---|
| 19 | Вайс Ю. | к.т.н, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева |
| 20 | Витковская И.С. | к.ф.-м.н., ВНС, Институт информационных и вычислительных технологий |
| 21 | Гагарина Л.Г. | д.т.н., профессор, Национальный исследовательский университет «МИЭТ», г. Зеленоград, Россия |
| 22 | Дайнеко Е.А. | PhD, проректор, Международный университет информационных технологий, Институт прикладных наук и информационных технологий |
| 23 | Дайнеко Р.А. | МНС, Институт прикладных наук и информационных технологий |
| 24 | Дарменбаева А.С. | д.х.н., доцент, Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати |
| 25 | Джомартова Ш.А. | д.т.н., профессор Казахский Национальный университет им. аль-Фараби |
| 26 | Джумагалиева А.М. | магистр, ст.преподаватель, Казахский Агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Нур-Султан |
| 27 | Джурахалов А.А. | д.ф.-м.н., профессор, университет Антверпена, Бельгия |
| 28 | Ертаева А.Б. | докторант, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби |
| 29 | Есентаева А.А. | докторант, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова |
| 30 | Есимова О.А. | к.х.н., доцент, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби |
| 31 | Жаныс А.Б. | PhD, ст.преподаватель, Казахский Агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Нур-Султан |
| 32 | Жолмагамбетова Б.Р. | докторант, Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева |
| 33 | Жумабай Б.Ж. | магистрант, Международный казахско-турецкий университет им. Х.А. Ясави |
| 34 | Жусупбеков А.Ж. | д.т.н., профессор, Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева |
| 35 | Зуева Е.А. | PhD-докторант, магистр, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби |
| 36 | Ивахненко А.П. | PhD, профессор, АО «Казахстанско-Британский технический университет» |
| 37 | Ипалакова М.Т. | к.т.н., и.о. ассоц.профессора, Международный университет информационных технологий |

- | | | |
|----|---------------------|--|
| 38 | Исмухамедова А.М. | докторант, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева |
| 39 | Кантарбаева С.М. | магистр, ст.преподаватель, Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати |
| 40 | Кемелбекова М.И. | магистрант, Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати |
| 41 | Керимкулова М.Ж. | к.х.н., и.о.доцента, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби |
| 42 | Кубаев К.Е. | Академик МАИ, к.т.н., д.э.н., член-корр. Российской академии естествознания, профессор, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, директор Центра инноваций |
| 43 | Кудайбергенова Р.М. | PhD-докторант, Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати |
| 44 | Кулажанова А.С. | ст.преподаватель, Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати |
| 45 | Кыдыралиева А. | PhD-докторант, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова |
| 46 | Қазизханова Б.Қ. | магистрант, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби |
| 47 | Құмарғалиева С.Ш. | к.х.н., доцент, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби |
| 48 | Маканова Л.К. | магистрант, Инновационный Евразийский университет, г. Павлодар |
| 49 | Масалимова Б.К. | к.х.н., доцент, Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати |
| 50 | Мусабеков К.Б. | д.х.н., профессор, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби |
| 51 | Мухамеджанова Г.С. | ст.преподаватель, университет «Нархоз» |
| 52 | Надилов К.С. | д.х.н., профессор, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова |
| 53 | Назарбекова А.Н. | магистрант, Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати |
| 54 | Нифонтов Ю.А. | д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет |
| 55 | Нурдиллаева Р.Н. | к.х.н., и.о. профессора, Международный казахско-турецкий университет им. Х.А. Ясави |
| 56 | Нуржигитова А.Т. | магистр, Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати |
| 57 | Нурлыбаева А.Н. | PhD, д.х.н., доцент, Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати |

- | | | |
|----|---------------------|---|
| 58 | Омаров А.Р. | доктор PhD, ст.преподаватель, Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева |
| 59 | Омаров Т.Ж. | магистрант, Алматы Менеджмент университет |
| 60 | Оразғали Д.Т. | магистрант, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби |
| 61 | Пазылова Д.Т. | докторант, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова |
| 62 | Петрожицкий Д.В. | ВНС, Национальный исследовательский университет «МИЭТ», г. Зеленоград, Россия |
| 63 | Петропавловский И. | д.т.н., профессор, Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, г. Москва |
| 64 | Рамазанов Н.С. | магистр, Казахский Агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Нур-Султан |
| 65 | Расулов А.М. | д.ф.-м.н., профессор, Ферганский Политехнический институт, Узбекистан |
| 66 | Сагитова Г.К. | ст.преподаватель, университет «Нархоз» |
| 67 | Садиева Х.Р. | к.т.н., доцент, Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати |
| 68 | Саинова Г.А. | д.т.н., профессор, ГНС, Международный казахско-турецкий университет им. Х.А. Ясави |
| 69 | Сатиев Н.Б. | магистрант, АО «Казахстанско-Британский технический университет» |
| 70 | Слюсарь В.В. | к.т.н., доцент, Национальный исследовательский университет «МИЭТ», г. Зеленоград, Россия |
| 71 | Сугурбекова Г.К. | д.х.н., СНС, Национальная лаборатория Астана, Назарбаев Университет |
| 72 | Тайкулакова Г.С. | доцент, Алматы Менеджмент Университет |
| 73 | Танырбергенова Г.К. | магистр, ст.преподаватель, Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева |
| 74 | Тикебаев Т.А. | PhD, ассистент-профессор, АО «Казахстанско-Британский технический университет» |
| 75 | Тлеуленова Г.Т. | ст.преподаватель, Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева |
| 76 | Тлеуов А.С. | профессор, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова |
| 77 | Тлеуова С.Т. | к.т.н., доцент, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова |

- | | | |
|----|------------------|---|
| 78 | Токмагамбетов Н. | PhD, и.о.доцента, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби |
| 79 | Толешев А.Т. | магистрант, Казахский Агротехнический университет им. С. Сейфулина, г. Нур-Султан |
| 80 | Турсынбай Н.Ф. | магистр, ст.преподаватель, Казахский Агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Нур-Султан |
| 81 | Увалиева И.М. | PhD, доцент, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева |
| 82 | Умаров Ф.Ф. | д.ф.-м.н., профессор, АО "Казахстанско-Британский технический университет" |
| 83 | Цой Д.Д. | МНС, Международный университет информационных технологий |
| 84 | Шолақ А.А. | к.т.н., профессор, Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати |
| 85 | Шорманов Т.С. | докторант, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби |
| 86 | Юничева Н.Р. | к.т.н., доцент, ВНС, Институт информационных и вычислительных технологий |
| 87 | Ядгаров И.Д. | д.ф.-м.н., Институт ионно-плазменных и лазерных технологий Академии наук Республики Узбекистан |

**ҚАЗАҚСТАН-БРИТАН ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ХАБАРШЫСЫ**

**HERALD
OF THE KAZAKH-BRITISH TECHNICAL UNIVERSITY**

**ВЕСТНИК
КАЗАХСТАНСКО-БРИТАНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Ответственный за выпуск	Есбергенов Досым Бектенович
Редакторы	Далабаева Айсара Касымбековна Садганова Эльмира Абуовна
Компьютерный дизайн	Аязбаева Зарина Козубековна
Компьютерная верстка	Елеманова Дана Каиркельдыевна

Редакция журнала «Вестник КБТУ» не несет ответственность за содержание публикуемых статей. Содержания статей целиком принадлежат авторам, и размещаются в журнале исключительно под их ответственность.

Издание Казахстанско-Британского технического университета
Издательский центр КБТУ, Алматы, ул. Толе би, 59

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И НЕФТЕГАЗОВОГО ДЕЛА: ПРОГРАММА «НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО»

- тесное партнерство с нефтегазовыми компаниями;
- получение знаний непосредственно от представителей нефтегазовой индустрии;
- получение производственного опыта на базе национальных и транснациональных компаний энергетического комплекса;
- работа с современными программными продуктами (Eclipse, Petrel, PetroMod, KAPPA, PC-PUMP, GOCAD, ECOS, Surfer)

Наши выпускники работают в компаниях:



HALLIBURTON



Наши контакты:
+7 (727) 357 42 42
www.kbtu.kz