



№ 3 (2)
2026

ISSN 3107-3328 (Print)
ISSN 3107-3336 (Online)

ҒЫЛЫМИ ИННОВАЦИЯЛАР

ғылыми журналы

Ғылым. Инновация. Қауіпсіздік.
Наука. Инновация. Безопасность.
Science. Innovation. Security.



научный журнал
НАУЧНЫЕ ИННОВАЦИИ
scientific journal
SCIENTIFIC INNOVATIONS



eLIBRARY.RU


StrikePlagiarism.com
ORIGINALITY IS A VALUE

«ҒЫЛЫМИ ИННОВАЦИЯЛАР» ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «НАУЧНЫЕ ИННОВАЦИИ»
«SCIENTIFIC INNOVATIONS» SCIENTIFIC JOURNAL

Журнал 2025 жылдан бастап шығады

Журнал издаётся с 2025 года

The journal is published from 2025

Меншік иесі: «Неотехнология және қауіпсіздік ғылыми-зерттеу институты» ЖМ

Собственник: ЧУ «Научно-исследовательский институт Неотехнологий и Безопасности»

Owner: ChU «Research Institute of Neotechnology and Security»

Журнал Қазақстан Республикасы Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат
комитетінде тіркелген,

2025 жылы 4 қарашадағы № KZ06VPY00133490 куәлік

Журнал зарегистрирован в Комитете информации Министерства информации и общественного
развития Республики Казахстан,

свидетельство №KZ06VPY00133490 от 4 ноября 2025 года.

The journal is registered with the Information Committee of the Ministry of Information and Social
Development of the Republic of Kazakhstan, certificate

№ KZ06VPY00133490 dated November 4, 2025

Журнал тоқсан сайын шығарылады (жылына 4 рет)

Журнал издаётся ежеквартально (4 раза в год)

The magazine is published quarterly (4 times a year)

Редакцияның мекен-жайы: 150000, Қазақстан Республикасы, Солтүстік-Қазақстан облысы,
Петропавл қаласы, Бостандық көшесі, 51

Адрес редакции: 150000, Республика Казахстан, Северо-Казахстанская область,
г. Петропавловск, ул. Бостандыкская, 51.

Editorial office: 150000, Republic of Kazakhstan, North Kazakhstan region,
Petropavlovsk, st. Bostandyk, 51

Сайт журналы: www.nii-ntb.com

E-mail: jornal@nii-ntb.com

Телефоны редакции: +7 (7152) 33-44-35, +7 778 569 19 61, +7 707 279 85 75

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА
РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
EDITORIAL BOARD

Бас редакторлар / Главные редакторы / Chief editors

Логвиненко Денис Викторович, педагогика ғылымдарының кандидаты

Логвиненко Денис Викторович, кандидат педагогических наук

Denis Viktorovich Logvinenko, candidate of pedagogical sciences

Ғылыми редакторлар / Научные редакторы / Scientific editors

Мақажанова Жұлдыз Мақсұтқызы, философия докторы (PhD)

Макажанова Жулдыз Максutowна, доктор философии (PhD)

Makazhanova Zhuldyz Maksutovna, PhD

Редакциялық алқа / Редакционная коллегия / Editorial board

Чекалёва Надежда Викторовна, Ресей Білім беру Академиясының мүше-корреспонденті,

педагогика ғылымдарының докторы

Чекалёва Надежда Викторовна, член-корреспондент Российской Академии образования, доктор

педагогических наук

Chekaleva Nadezhda Viktorovna, corresponding member of the Russian Academy of education, doctor of

pedagogical sciences

Савинкин Виталий Владимирович, техника ғылымдарының докторы

Савинкин Виталий Владимирович, доктор технических наук

Savinkin Vitaly Vladimirovich, doctor of technical sciences

Жәмпейісов Ғазиз Нұрмұратұлы, философия докторы (PhD)

Жампеисов Газиз Нурмуратович, доктор философии (PhD)

Zhampeisov Gaziz Nurmuratovich, Ph.D

Шапашев Мұрат Асқарұлы, философия докторы (PhD)

Шапашев Мурат Аскарович, доктор философии (PhD)

Shapashev Murat Askarovich, Ph.D

Батаева Фроза Асанқызы, филология ғылымдарының кандидаты

Батаева Фроза Асановна, кандидат филологических наук

Bataeva Froza Asanovna, candidate of philology

Горковенко Людмила Александровна, экономика ғылымдарының кандидаты

Горковенко Людмила Александровна, кандидат экономических наук

Gorkovenko Lyudmila Aleksandrovna, Candidate of Economic Sciences

Кусаинова Айсұлу Әмірханқызы, философия докторы (PhD)

Кусаинова Айсулу Амирхановна, доктор философии (PhD)

Kusainova Aisulu Amirkhanovna, Ph.D

Графикалық дизайнер / Графический дизайнер / Graphic designer

Дергалёва Наталья Владимировна,
Дергалёва Наталья Владимировна,
Dergaleva Natalia Vladimirovna,

МАЗМҰНЫ / СОДЕРЖАНИЕ / TABLE OF CONTENTS

ИННОВАЦИЯЛЫҚ ПЕДАГОГИКА ЖӘНЕ БІЛІМ БЕРУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ
ИННОВАЦИОННАЯ ПЕДАГОГИКА И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
INNOVATIVE PEDAGOGY AND EDUCATIONAL TECHNOLOGIES

АЙТЕНОВА А. Т., НЕМУДРОВА А. А.	Литература в формате игры: как геймификация вовлекает школьников?	8
БАЗАРБАЕВА Ә.	Жастардың салауатты өмір салты мен денсаулық мәдениетін қалыптастырудағы валеологиялық педагогиканың рөлі	17
БАТЫРБЕКОВА А. Ж., АХМЕТОВ А. А.	Рисование как педагогический инструмент повышения учебной мотивации и активности учащихся 7 класса на уроках физики	37
ЛОГВИНЕНКО Д. В.	Профилактика буллинга в подростковой среде: гендерный и социально-педагогический подходы	48
МАЛДЫБАЕВ К. Б.	Патриотизм как ключевой компонент профессиональной культуры курсантов Национальной гвардии	60
МАРКОВА Н. Г., МАКАЖАНОВА Ж. М.	Поликультурная грамотность личности – индикатор понимания в поликультурном обществе	66
МАҚСҰТ Ш. Ш.	Қазақстан тарихы сабағында мемуарлық деректерді пайдалану жолдары	79
РАХМАНҚҰЛ А. Ә., ИБРАГИМОВ С. О., БАТЫРБЕКОВА А. Ж.	10-сынып оқушыларының электр заряды тақырыбын түсіну деңгейін зерттеу	85
РОМАНОВА В. В.	Диалог культур в образовательном пространстве вуза: из опыта работы с иностранными курсантами на занятиях русского языка	96
СМАГУЛОВ Б. С.	Опытно-экспериментальная работа по формированию дисциплинарных умений курсантов в военном вузе	103
ТАТТИМБЕТОВ А. Ж.	Ғылыми-зерттеу қызметі Қазақстан Республикасы Ұлттық ұланы офицерлерінің кәсіби құзыреттілігін дамыту факторы ретінде	112

ИНЖЕНЕРИЯ, ОЗЫҚ МАТЕРИАЛДАР ЖӘНЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР
ИНЖЕНЕРИЯ, ПЕРЕДОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
ENGINEERING, ADVANCED MATERIALS AND TECHNICAL SCIENCES

БИКБАЕВ Р. Д., ЖУМЕКЕНОВА З. Ж. Электроэрозионная обработка как 126
перспективная технология высокоточного изготовления деталей
машиностроения

ЖУМЕКЕНОВА З. Ж. Лазерные технологии в диагностике и 141
восстановлении колесных пар железнодорожного подвижного состава

КЕШЕНДІ ҚАУІПСІЗДІК ЖӘНЕ ТҰРАҚТЫЛЫҚ
КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ
INTEGRATED SAFETY AND SUSTAINABILITY

ШАПАШЕВ М. А. Киберсоғыс – қазіргі әлемнің қаупі 151

КОНВЕРГЕНЦИЯ ЖӘНЕ ПӘНАРАЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР
КОНВЕРГЕНЦИЯ И МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
CONVERGENCE AND INTERDISCIPLINARY RESEARCH

ЖАУМИТОВА М. Д. Методика обучения основам мобилизационной 161
экономики в системе высшего образования

КОЙШИГАРИНА Г. М. Географический фактор как основа для 177
формирования военной политики центрально-азиатских государств

НАСИПКАЗЫ А. Е. d-өлшемді торда Навье-Стокс теңдеуінің әлсіз 187
шешімдерін құру

ӘОЖ: 51-78

ҒТАМР: 27.35.27

НАСИПКАЗЫ А.Е.

1 жаратылыстану ғылымдарының магистрі Қазақстан, Алматы қаласы. ORCID: 0009-0008-7008-3792, E-mail: erkinbekkizy_a@mail.ru

D-ӨЛШЕМДІ ТОРДА НАВЬЕ-СТОКС ТЕҢДЕУІНІҢ ӘЛСІЗ ШЕШІМДЕРІН ҚҰРУ

Андатпа. Мақала "d-өлшемді торда Навье-Стокс теңдеуінің әлсіз шешімдерін құру" тақырыбына жазылған. Жылулық теңдеуді алдымен d -өлшемді торда қарастырып, содан кейін келесі кеңістікте қарастырып екеуінің айырмашылықтарын анықтадым, келесі мысалда сызықтық емес теңдеуді қарастырып, оны зерттедім. Соңында Навье-Стокс теңдеуін қарастырып, шешім алынған нәтижелермен салыстырдым. Теңдеуді зерттеу әлсіз шешімдердің қасиеттерін, олардың бірегейлігін және тұрақтылығын жалпы жағдайда талдауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл зерттеу спектралдық әдістер мен Галеркин аппроксимациясы сияқты аналитикалық тәсілдерді қолдануға негіз болып, сұйықтық ағындарының күрделі динамикасын, соның ішінде турбуленттік және хаостық құбылыстарды теориялық тұрғыдан түсінуге ықпал етеді.

Түйінді сөздер: тор, теңдеу, әлсіз шешім, аппроксимация, спектрал.

НАСИПКАЗЫ А.Е.

1 магистр естественных наук. г.Алматы, Казахстан. ORCID: 0009-0008-7008-3792, E-mail: erkinbekkizy_a@mail.ru

ПОСТРОЕНИЕ СЛАБЫХ РЕШЕНИЙ УРАВНЕНИЯ НАВЬЕ-СТОКСА НА D-МЕРНОМ ТОРЕ

Аннотация. Статья написана на тему «Построение слабых решений уравнения Навье-Стокса на d-мерном торе». Сначала я рассмотрела уравнение теплопроводности на d-мерном торе, затем исследовала его в другом пространстве и определила различия между этими двумя случаями. В следующем примере была изучена нелинейная задача. В завершение я рассмотрела уравнение Навье-Стокса и сравнила результаты с ранее полученными. Исследование уравнения позволяет анализировать свойства слабых решений, их единственность и устойчивость в общем случае. Кроме того, данное исследование служит основой для применения аналитических методов, таких как спектральные методы и аппроксимация Галёркина, а также способствует теоретическому пониманию сложной динамики потоков жидкости, включая турбулентные и хаотические явления.

Ключевые слова: тор, уравнение, слабое решение, аппроксимация, спектрал.

NASSIPKAZY A.

1 Master of Natural Science. Almaty, Kazakhstan. ORCID: 0009-0008-7008-3792, E-mail: erkinbekkizy_a@mail.ru

CONSTRUCTION OF WEAK SOLUTIONS OF THE NAVIER-STOKES EQUATION ON A D-DIMENSIONAL TORUS

Annotation. Article is written on the topic "Construction of weak solutions of the Navier-Stokes equation on a d-dimensional torus." First, I considered the heat equation on a d-dimensional torus, then studied it in another space and identified the differences between the two cases. In the following example, a nonlinear problem was examined. Finally, I considered the Navier-Stokes equation and compared the results with those previously obtained. The study of the equation allows for the analysis of the properties of weak solutions, their uniqueness, and stability in the general case. In addition, this research serves as a basis for the application of analytical methods such as spectral methods and the Galerkin approximation, and also contributes to the theoretical understanding of the complex dynamics of fluid flows, including turbulent and chaotic phenomena.

Keywords: torus, equation, weak solution, approximation, spectral.

Кіріспе.

Навье-Стокс теңдеулері Ньютондық сұйықтар үшін импульстің сақталуын математикалық түрде сипаттайды және масса сақталу заңын пайдаланады. Кей жағдайларда олар қысым, температура және тығыздық арасындағы байланысты өрнейтейтін күй теңдеуімен толықтырылуы мүмкін.

Навье-Стокс теңдеулерінің айрықша ерекшелігі зерттеу мен шешуді едәуір қиындататын мүшелердің болуы. Бүгінгі таңда көптеген мәселелер жеткілікті зерттелмеген және қосымша зерттеуді қажет етеді. Шешудің жалпы әдісі жоқ және Навье-Стокс теңдеулерін де, олар үшін шекаралық және бастапқы есептерді де шешудің жалпы әдісі жоқ. Сол себепті осы жұмыста Галеркин әдісін қолдандым.

Навье-Стокс теңдеуі — сығылмайтын сұйықтық қозғалысын сипаттайтын ішінара дифференциалдық теңдеу. Бұл теңдеудің идеясы алғашында XVIII ғасырда швейцариялық математик Леонард Эйлердің еңбектерінде пайда болды. Ол сығылмайтын және үйкеліссіз (тұрақты) сұйықтықтардың ағынын зерттеген.

1821 жылы француз инженері Клод-Луи Навье тұтқырлық (үйкеліс) элементін енгізіп, сұйықтықтың нақты және күрделі қозғалысын сипаттауға мүмкіндік берді. XIX ғасырдың ортасында британдық физик және математик сэр Джордж Габриэль Стокс бұл жұмысты жетілдірді, бірақ қарапайым шешімдерді тек екі өлшемді ағындар үшін ғана алуға мүмкіндік туды.

Күрделі виржалар мен турбуленттік немесе хаустық құбылыстар, сондай-ақ жылдамдық жоғарылаған кезде үш өлшемді сұйықтық ағындарында (газдар да қосқанда) пайда болады. Бұл теңдеуді аналитикалық жолмен шешудің мүмкін еместігін дәлелдейді

Тақырыптың өзектілігі: Навье-Стокс теңдеуі сығылмайтын сұйықтықтың қозғалысын сипаттайтын негізгі математикалық модель болып табылады және гидродинамика, климаттық модельдеу, аэродинамика сияқты салаларда кеңінен қолданылады. d-өлшемді торда теңдеуді қарастыру әлсіз шешімдердің қасиеттерін, олардың бірегейлігін және тұрақтылығын жалпы жағдайда зерттеуге мүмкіндік

береді, сонымен қатар периодтық шекаралық шарттар мен торлық құрылым сандық әдістерді, мысалы спектралдық әдістер мен Галеркин аппроксимациясын қолдануды жеңілдетеді, бұл зерттеулерді теориялық және практикалық жағынан маңызды етеді.

Зерттеудің мақсаты: d -өлшемді торда Навье–Стокс теңдеуінің әлсіз шешімдерін құрудың теориялық негіздерін жан-жақты қарастыру, алынған шешімдердің бар болуы мен бірегейлігін дәлелдеу, сондай-ақ олардың бастапқы деректерге қатысты тұрақтылығын терең талдау. Сонымен қатар энергиялық бағалаулар тәсілдері арқылы шешімдердің уақыт бойынша шектелетінін және олардың динамикасын бақылауға болатынын көрсету, сандық аппроксимациялар мен есептеу әдістерін пайдаланып, алынған нәтижелерді практикалық модельдерде тексеру және олардың орнықтылығын нақты мысалдарда зерттеу.

Ғылыми жаңалығы: Бұл зерттеу d -өлшемді торда Навье–Стокс теңдеуінің әлсіз шешімдерін құру мен олардың бірегейлігін қарастыруда жаңа нәтижелер ұсынады. Сонымен қатар, энергиялық бағалаулар мен спектралдық әдістерді қолдану арқылы шешімдердің уақыт бойынша тұрақтылығын бақылау тәсілдері нақты көрсетілген, бұл теориялық гидродинамика мен сандық модельдеуді дамытудың жаңа бағыттарын ашады.

Іс-тәжірибелік маңыздылығы: Зерттеу нәтижелері сұйықтық ағындарын сандық модельдеуде, күрделі және турбуленттік ағындарды талдауда қолданылуы мүмкін. Сонымен қатар, периодтық шекаралық шарттар мен торлық құрылымдарды пайдалану арқылы алынған әдістер гидродинамика, климаттық модельдеу, аэродинамика және инженерлік есептеулерде нақты практикалық есептерді шешуге мүмкіндік береді.

Зерттеудің міндеті: d -өлшемді торда сызықтық және сызықтық емес жылу теңдеулерін зерттеп, олардың әлсіз шешімдерінің қасиеттерін анықтау.

-Навье–Стокс теңдеуінің әлсіз шешімдерін құру және олардың бірегейлігін дәлелдеу.

-Энергиялық бағалаулар арқылы шешімдердің уақыт бойынша тұрақтылығын бақылау.

-Спектралдық әдістер мен Галеркин аппроксимациясын қолдану арқылы сандық модельдеудің теориялық негізін жасау.

-Алынған нәтижелерді күрделі және турбуленттік ағындарды талдауда қолдану мүмкіндігін қарастыру.

Материалдар мен әдістер.

Зерттеу нәтижелері сұйықтық ағындарын сандық модельдеуде, күрделі және турбуленттік ағындарды талдауда қолданылуы мүмкін. Сонымен қатар, периодтық

шекаралық шарттар мен торлық құрылымдарды пайдалану арқылы алынған әдістер гидродинамика, климаттық модельдеу, аэродинамика және инженерлік есептеулерде нақты практикалық есептерді шешуге мүмкіндік береді. [2; 3].

Нәтижелер.

Шектеулі өлшемде ықшамдылық жабықтық пен шектелгендікке тең, сондықтан оны өте оңай дәлелдеуге болады. Спектралдық теорияның көмегімен сызықтық жылу теңдеуі үшін глобалды әлсіз шешімнің бар екені, оның бірегейлігі және энергиялық бағалаулар арқылы уақыт бойынша бақылауға алынатыны көрсетіледі. Навье-Стокс теңдеуі: глобалды шекті бағаларлар және әлсіз шешімдер үшін компакттік. Навье-Стокс теңдеуінің бірегейлігі және тұрақтылығы

Біз 2D сығылмайтын Навье-Стокс тендеулерін қарастырамыз:

$$\begin{cases} \partial_t u + (u \cdot \nabla)u - \Delta u + \nabla p = f \\ \nabla \cdot u = 0 \end{cases}$$

Мұндағы:

$u(x,t)$: жылдамдық өрісі,

$p(x,t)$: қысым,

$f(x,t)$: сыртқы күш

Екі шешімді қарастырайық.

u, v деп екі шешімді қарастырайық, олардың бастапқы деректері f, g және қысымдары p, q әр түрлі болуы мүмкін.

$$\begin{cases} \partial_t u + (u \cdot \nabla)u - \Delta u + \nabla p = f, \nabla \cdot u = 0 \\ \partial_t v + (v \cdot \nabla)v - \Delta v + \nabla q = g, \nabla \cdot v = 0 \end{cases}$$

Бастапқы шарт: $u(0)=u_0, v(0) = v_0$ және сәйкес шарттар.

Азайтып, айырмаларды анықтау

$$\omega = u - v, \phi = p - q$$

Содан кейін айырма тендеуі мынадай болады:

$$\partial_t \omega + (u \cdot \nabla)u - (v \cdot \nabla)v - \Delta \omega + \nabla \phi = f - g$$

Енді біз сызықтық емес мүшені жеңілдеткіміз келеді:

$$(u \cdot \nabla)u - (v \cdot \nabla)v$$

Біз стандартты векторлық теңдікті қолданамыз:

$$(u \cdot \nabla)u - (v \cdot \nabla)v = (\omega \cdot \nabla)u + (v \cdot \nabla)\omega$$

Біз аламыз:

$$\partial_t \omega + (\omega \cdot \nabla)u + (v \cdot \nabla)\omega - \Delta \omega + \nabla \phi = f - g$$

ω мен L^2 ішкі көбейтіндісін аламыз.

Энергия баалауын алу үшін, теңдеудің екі жағын да ω -ға көбейтеміз және Ω Анықталу облысы бойынша интегралдаймыз. Әрбір мүшені жеке-жеке есептейміз.

$$\begin{aligned}\int_{\Omega} \partial_t \omega \cdot \omega dx &= \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \|\omega\|_{L^2}^2 \\ \int_{\Omega} \Delta \omega \cdot \omega dx &= -\|\nabla \omega\|_{L^2}^2 \\ \int_{\Omega} (v \cdot \nabla) \omega \cdot \omega dx &= 0, \nabla \cdot v = 0 \\ \int_{\Omega} \nabla \phi \cdot \omega dx &= 0, \nabla \cdot \omega = 0\end{aligned}$$

Бізде калалы:

$$\frac{1}{2} \frac{d}{dt} \|\omega\|_{L^2}^2 + \|\nabla \omega\|_{L^2}^2 = - \int_{\Omega} (\omega \cdot \nabla) u \cdot \omega dx + \int_{\Omega} (f - g) \cdot \omega dx$$

Сызықты емес мүшені бағалау.

Біз сызықтық емес мүшені бағалап отырмыз:

$$\int_{\Omega} (\omega \cdot \nabla) u \cdot \omega dx$$

$\omega = u - v$ екі жылдамдық өрісінің айырмасы

$(\omega \cdot \nabla) u$ сызықтық емес мүшесі бұл ω құрамдастарының u -ды туындылауда қолданылатынын білдіреді.

Содан кейін, ω — мен нүктелік көбейтіндіні алып, облыс бойынша интегралдаймыз.

Гельдер теңсіздігін қоллану:

$$\left| \int_{\Omega} (\omega \cdot \nabla) u \cdot \omega dx \right| \leq \|\omega\|_{L^4}^2 \|\nabla u\|_{L^2}$$

Бұл мына себеппен орынды:

$$(\omega \cdot \nabla) u \cdot \omega$$

$$\text{Біз } \|\omega\|_{L^4} \times \|\omega\|_{L^4} = \|\omega\|_{L^2}^2$$

$$\|\nabla u\|_{L^2}$$

Гаглиярдо-Ниренберг теңсіздігін қолдау

Біз $\|\omega\|_{L^4} \|\omega\|_{L^2}$ және $\|\nabla \omega\|_{L^2}$, арқылы өрнектегіміз келеді, оларды біз бақылауға ала аламыз.

Бағалауларымызға энергиялық бағалау қолданамыз.

Бөліктерге бөліп, Коши-Шварц теңсіздігін қолданамыз. Содан кейін Янг теңсіздігін қолданып, Гронуалл теңсіздігіне де жетеміз. Гронуалл теңсіздігі дифференциалдық теңсіздік қанағаттандыратын функцияның өсуін бағалауға арналған құрал. Соңында біркелкілік пен тұрақтылыққа қол жеткіземіз.

Талқылау.

Бұл зерттеу d-өлшемді торда Навье-Стокс теңдеуінің әлсіз шешімдерін құру мен олардың бірегейлігін қарастыруда жаңа нәтижелер ұсынады. Сонымен қатар, энергиялық бағалаулар мен спектралдық әдістерді қолдану арқылы шешімдердің уақыт бойынша тұрақтылығын бақылау тәсілдері нақты көрсетілген, бұл теориялық гидродинамика мен сандық модельдеуді дамытудың жаңа бағыттарын ашады.

Бұл жұмыста d-өлшемді торда сығылмайтын сұйықтық қозғалысын сипаттайтын Навье-Стокс теңдеуі қарастырылып, оның әлсіз шешімдерінің бар болуы, бірегейлігі және тұрақтылығы талданды. Навье-Стокс теңдеулерінің негізгі ерекшелігі — физикалық тұрғыдан күрделі турбуленттік және хаостық құбылыстарды сипаттайтын сызықтық емес мүшелердің болуы. Бұл олардың аналитикалық шешімдерін іздеуді әлі күнге дейін ашық ғылыми проблема ретінде қалдырады. Сондықтан есептеу және аналитикалық аппроксимация әдістерін қолдану қажеттілігі туындайды.

Жұмыста Галеркин әдісі мен спектралдық тәсілдер негізінде әлсіз шешімдерді құрудың теориялық негіздері жүйелі түрде қарастырылды. Энергиялық бағалаулар арқылы шешімдердің уақыт бойынша шектелетіні және олардың тұрақтылығын бақылауға болатыны көрсетілді. Бұл d-өлшемді тордағы периодтық шекаралық шарттардың артықшылықтарын пайдаланып, сандық модельдеу нәтижелерін теориялық бағалаулармен ұштастыруға мүмкіндік берді.

Қорытынды.

Зерттеу нәтижелері сұйықтық динамикасының күрделі құбылыстарын тереңірек түсінуге және практикалық модельдеуде қолданылатын есептеу әдістерінің дұрыстығын негіздеуге септігін тигізеді. Атап айтқанда, гидродинамикалық процестерді модельдеу, климаттық және аэродинамикалық есептерді шешу барысында алынған теориялық тұжырымдар нақты есептеулерде пайдалануға тиімді.

Жалпы алғанда, бұл жұмыс Навье-Стокс теңдеуінің әлсіз шешімдерін зерттеуге арналған заманауи аналитикалық тәсілдерді жүйелендіріп, математикалық гидродинамика саласында әрі қарай жүргізілетін ғылыми зерттеулерге берік теориялық негіз қалыптастырады. Сонымен бірге, турбуленттік ағындарды сандық модельдеу бағытындағы болашақ ізденістерге жол ашады.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Lawrence C.E., Partial Differential Equations.-Graduate Studies in Mathematics.-Vol. 19. - P. 20-25. Smith J., Brown L. Innovative Teaching Methods. — London: Routledge, 2019.
2. Vidar T., Galerkin Finite Element Methods for Parabolic Problems.-Springer Series in Computational Mathematics. -2006.- P. 17-20.
3. Francois V., Introduction to evolution PDEs. - August 2023. - P. 27-33.

REFERENCES:

1. Lawrence C.E., Partial Differential Equations.-Graduate Studies in Mathematics.-Vol. 19. - P. 20-25. Smith J., Brown L. Innovative Teaching Methods. — London: Routledge, 2019.
2. Vidar T., Galerkin Finite Element Methods for Parabolic Problems.-Springer Series in Computational Mathematics. -2006.- P. 17-20.
3. Francois V., Introduction to evolution PDEs. - August 2023. - P. 27-33.

Баспаға 30.06.2026 ж. 60x84/8 форматында қол қойылды
Офсеттік басып шығару. Офсеттік қағаз. Шығыс. Л. 12,8 б.п.

Таралымы 500 дана

Баспахананың мекен-жайы: 150000, Қазақстан Республикасы, Солтүстік Қазақстан облысы,
Петропавл қаласы, Бостандық көшесі, 51
«Неотехнология және қауіпсіздік ғылыми-зерттеу институты» ЖМ

Подписано в печать 30.06.2026 г. Формат 60x84/8

Печать офсетная. Бумага офсетная. Уч.-изд. Л. 12,8 п.л.

Тираж 500 экз.

Адрес типографии: 150000, Республика Казахстан, Северо-Казахстанская область, г.
Петропавловск, ул. Бостандыкская, 51
ЧУ «Научно-исследовательский институт Неотехнологий и безопасности»

Signed for printing in 30.06.2026. Format 60x84/8

Offset printing. Offset paper. Academic edition L. 12,8 p.p.

Circulation 500 copies

Printing house address: 150000, Republic of Kazakhstan, North Kazakhstan region, Petropavlovsk, st.
Bostandyk, 51
PI «Research Institute of Neotechnology and Safety»

