

Торайғыров университетінің  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Торайғыров университета

---

## ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ХАБАРШЫСЫ

Физика, математика және компьютерлік  
ғылымдар сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



## ВЕСТНИК ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

Серия: Физика, математика  
и компьютерные науки  
Издается с 1997 года

---

ISSN 2959-068X

№ 4 (2023)  
Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

Серия: Физика, математика и компьютерные науки  
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания  
№ KZ91VPY00046988

выдано  
Министерством информации и общественного развития  
Республики Казахстан

Тематическая направленность  
публикация материалов в области физики, математики,  
механики и информатики

Подписной индекс – 76208

<https://doi.org/10.48081/EKIW3862>

Бас редакторы – главный редактор

Тлеукенов С. К., д.ф.-м.н., профессор

Заместитель главного редактора Испулов Н. А., к.ф.-м.н., профессор

Ответственный секретарь Жумабеков А. Ж., PhD доктор

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Esref Adali, PhD доктор, профессор (Турция);  
Abdul Qadir Rahimoon, PhD доктор, профессор (Пакистан);  
Донбаев К. М., д.ф.-м.н., профессор;  
Демкин В. П., д.ф.-м.н., профессор (Российская Федерация);  
Жумадиллаева А. К., к.т.н., профессор;  
Ибраев Н. Х., д.ф.-м.н., профессор;  
Косов В. Н., д.ф.-м.н., профессор;  
Сейтова С. М., д.пед.н., профессор;  
Шоканов А. К., д.ф.-м.н., профессор  
Омарова А. Р., технический редактор

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров  
университета» обязательна

© Торайгыров университет

МАЗМУНЫ

«КОМПЬЮТЕРЛІК ҒЫЛЫМДАР» СЕКЦИЯСЫ

Аедил А., Алимова Ж. С., Дюсенгазина Н. Н.

Маркетплейстің жұмыс істеуі жайлы теориялық мәліметтер ..... 9

Мукашев Д. С., Абитова Г. А.

Заманауи платформалық шешімдер негізінде аяа-райын  
болжаяу арналған ақпараттық технология ..... 19

Мурат Р. К., Турсунметова Ф., Нәдіров Н. Қ.

Кредиттік карталарды анықтауға арналған  
көп-классификаторлар жүйесі ..... 33

Сайманова З. Б., Мухаметжанова Б. О., Кайбасова Д. Ж.,

Сейлишова Э. К., Сагатбекова Д. Е.

Біртекті емес дыбыс сініретін материалдарды оңтайландырудың  
бағдарламалық жасақтамасын әзірлеу ..... 48

Талипов С. Н.

Жұмыс үстелі кросс-платформасы бағдарламаларын  
жасауға арналған құралдар мен негіздерді тандау ..... 62

«ТЕОРИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ЭКСПЕРИМЕНТТИК ФИЗИКА» СЕКЦИЯСЫ

Испулов Н. А., Оспанова Ж. Д., Капенова М. М., Султанова М. Ж.

Изотропты және анизотропты орталар шекараларындағы  
термосерпімді толқындардың шағылу – сыну коэффициенттері туралы ... 74

Рекан Али Рахимун, Камиль Заман Рахимун, Амир Хан Джарвар,

Мухаммад Файзан Шейх, Муджтаба Абид Хуссейн

Фотоэлектрлік күн батареясының өнімділігін және физикалық  
параметрлердің әсерін талдау ..... 88

«МАТЕМАТИКА ЖӘНЕ СТАТИСТИКА» СЕКЦИЯСЫ

Бейсебай П. Б., Типепиев М. Ш., Ақжігітов Е. А.,

Исаевә Н. Т., Абдибекова К. Д.

Тұрақты коэффициентті сзықтық дифференциалдық теңдеулер  
және олардың жүйелерінің шешімдерін құру ..... 104

«ФИЗИКА, МАТЕМАТИКА ЖӘНЕ ИНФОРМАТИКА  
ДИДАКТИКАСЫ» СЕКЦИЯСЫ

<b>Байқутова А. Ж., Заурбекова Н. Д.</b>	
Элементар бөлшектердің қасиеттері мен құрылымы .....	119
<b>Жарлықасов Б. Ж., Алимбаев А. А., Калжанов М. У., Телегина О. С.</b>	
Математика мен физиканы оқытудағы заманауи компьютерлік әдістер: PYTHON бағдарламалаштыру тілін қолдану мысалдары .....	132
<b>Сембаев К., Нурумжанова К. А.</b>	
Когнитивті-контексттік тәсілге негізделген физикалық әсерлерді зерттеу технологиясын құру .....	144
<b>Авторлар туралы ақпарат</b>	161
<b>Авторларға арналған ережелер</b>	173
<b>Жарияланым этикасы</b>	185

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ»

<b>Аедил А., Алимова Ж. С., Дюсенгазина Н. Н.</b>	
Теоретические сведения о функционировании маркетплейса .....	9
<b>Мукашев Д. С., Абитова Г. А.</b>	
Исследование информационных систем в прогнозировании погод .....	19
<b>Мурат Р. К., Турсунметова Ф., Нәдіров Н. Қ.</b>	
Система мультиклассификаторов для выявления мошенничества с кредитными картами .....	33
<b>Сайманова З. Б., Мухаметжанова Б. О., Кайбасова Д. Ж., Сейлишева Э. К., Сагатбекова Д. Е.</b>	
Разработка программного обеспечения оптимизации неоднородных звукопоглощающих материалов .....	48
<b>Талипов С. Н.</b>	
Выбор инструментальных средств и фреймворка для создания десктопных кроссплатформенных программ.....	62

СЕКЦИЯ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА»

<b>Испулов Н. А., Оспанова Ж. Д., Капенова М. М., Султанова М. Ж.</b>	
О коэффициентах отражения – преломления термоупругих.....	74
волн на границах изотропных и анизотропных сред	
<b>Рехан Али Рахимун, Камиль Заман Рахимун, Амир Хан Джарвар, Мухаммад Файзан Шейх, Муджтаба Абид Хуссейн</b>	
Анализ производительности фотоэлектрического солнечного элемента и влияния физических параметров .....	88

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА И СТАТИСТИКА»

<b>Бейсебай П. Б., Тилепиев М. Ш., Ақжігітов Е. А., Исаева Н. Т., Абдибекова К. Д.</b>	
Построение решений линейных дифференциальных уравнений второго порядка с постоянными коэффициентами и их систем .....	104

**СЕКЦИЯ «ДИДАКТИКА ФИЗИКИ, МАТЕМАТИКИ  
И ИНФОРМАТИКИ»**

<b>Байқутова А. Ж., Заурбекова Н. Д.</b>	
Свойства и структура элементарных частиц.....	119
<b>Жарлықасов Б. Ж., Алимбаев А. А., Калжанов М. У., Телегина О. С.</b>	
Современные компьютерные методы в обучении математике и физике: примеры использования PYTHON .....	132
<b>Сембаев К., Нурумжанова К. А.</b>	
Конструирование технологии изучения физических эффектов на основе когнитивно-контекстного подхода .....	144
<b>Информация об авторах .....</b>	161
<b>Правила для авторов .....</b>	173
<b>Публикационная этика .....</b>	185

**CONTENTS**

**SECTION «COMPUTER SCIENCE»**

<b>Avdil A., Alimova Zh. S., Dyusengazina N. N.</b>	
Theoretical information about the functioning of the marketplace .....	9
<b>Mukashev D. S., Abitova G. A.</b>	
Research of information systems in weather forecasting .....	19
<b>Murat R. K., Tursunmetova F., Nadirov N. K.</b>	
Multi-classifiers system for credit card fraud detection.....	33
<b>Saimanova Z. B., Mukhametzhanova B. O., Kaibasova D. J., Seipishova E. K., Sagatbekova D. E.</b>	
Development of software for optimization of inhomogeneous sound-absorbing materials .....	48
<b>Talipov S. N.</b>	
Selection of tools and framework to create desktop cross-platform programs .....	62

**SECTION «THEORETICAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS»**

<b>Ispulov N. A., Ospanova Zh. D., Kapanova M. M., Sultanova M. Zh.</b>	
On reflection coefficients of thermoelastic waves at the boundaries of isotropic and anisotropic media .....	74
<b>Rehan Ali Rahimoon, Kamil Zaman Rahimoon, Aamir Khan Jarwar, Muhammad Faizan Shaikh, Mujtaba Abid Hussain</b>	
Analysis of performance of a PV solar cell and effect of physical parameter.....	88

**SECTION «MATHEMATICS AND STATISTICS»**

<b>Beisebay P. B., Tilepiev M. Sh., Akzhigitov E. A., Isaeva N. T., Abdibekova K. D.</b>	
Construction of solutions to linear differential equations of the second order with constant coefficients and their systems .....	104

**SECTION «DIDACTICS OF PHYSICS, MATHEMATICS  
AND COMPUTER SCIENCE»**

<b>Baikutova A. Zh., Zaurbekova N. D.</b>	
Properties and structure of elementary particles .....	119
<b>Zharlykasov B. Zh., Alimbayev A. A., Kalzhanov M. U., Telegina O. S.</b>	
Modern computer methods in teaching mathematics and physics: examples of using PYTHON .....	132
<b>Sembayeva K. B., Nurumzhanova K. A.</b>	
Construction of technology for studying physical effects based on cognitive-context approach .....	144
Information about the authors.....	161
Rules for authors .....	173
Publication ethics.....	185

**СЕКЦИЯ «КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ»**

FTAMP 20.01.04

<https://doi.org/10.48081/UFWE3693>

**\*А. Аедил, Ж. С. Алимова, Н. Н. Дюсенгазина**

Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

\*e-mail: [avdil01@bk.ru](mailto:avdil01@bk.ru)

**МАРКЕТПЛЕЙСІ ЖҰМЫС ІСТЕУІ ЖАЙЛЫ  
ТЕОРИЯЛЫҚ МӘЛІМЕТТЕР**

Қазіргі таңда цифрлық экономиканың қарқынды дамуы асында маркетплейстер онлайн-сауда әлемінде басты рол атқаруда. Маркетплейс сатушылар мен сатып алушыларга бір-бірін оңай табуга мүмкіндік беретін үлкен онлайн нарық сияқты. Сонымен қатар, маркетплейстер арқылы сату оте танымал, ал маркетплейстер көбінесе интернет-дүкендермен де шатастырылады. Бірақ тауарды сатудың әртүрлі түрлерінің мүлдем басқа заңды ерекшеліктері бар екенин түсіну керек. Маркетплейстердің айрықша ерекшеліктері – тауарлардың кең ассортименті, пайдалануыш мен жеткізуінің авторизациясы, сатып алушы мен сатушының жеке кабинеті, толем мен жеткізуіндегі әртүрлі нұсқалары болып табылады. Тауарларды оз қоймаларына орналастырады, тапсырыстарды сатып алушыларга жеткізеді, сатып алушыларды сайтқа тартады, сатушыларға жарнамалық құралдар мен сату талдауларын ұсынады.

Бұл мақалада маркетплейстердің құрылымына баса назар аударылады. Маркетплейске swot талдау жасау барысында оның артықшылықтары мен кемшиліктері қарастырылады. Сонымен қатар оның пайдасы мен қауіппері де анықталады. Және де маркетплейс қазіргі таңда қаншалықты қажет екенин анықтау мақсатында сауалнама жүргізілді. Сауалнамага 107 қатысушы қатысты. Осы сауалнамага жауап берген қатысушылардың нөтижелері талқыланады.

Кілтті сөздер: маркетплейс, интернет-дүкен, жеткізуі, сатып алушы, тауарларды онлайн сату.

## Кіріспе

Соңғы уақытта тауарлар мен қызметтерді маркетплейстермен сату өте өзекті. Сонымен қатар, маркетплейстер сатушылар үшін де, сатып алушылар үшін де ыңғайлы. Бұгінгі таңда маркетплейстер ең жылдам дамып келе жатқан сату арнасы болып табылады. Мүмкін, бұл пандемияға байланысты адамдар үйден жиі шыға алмаған кезде, олар қашықтан сатып алуды қолданды және олар қажетті сатып алуларды маркетплейстерде жасауга дағдыланды, бұл ыңғайлы ғана емес, сонымен қатар пайдалы болды. Сатушылар тарапынан маркетплейстерді пайдалану жарнама шығындарын да, логистикалық шығындарды да үнемдеу мүмкіндігімен байланысты. Маркетплейстер арқылы сату кезінде, тауарларды сатушы компанияларға, қызметкерлердің көптеген түрлери қажет емес.

Бұгінгі таңда маркетплейс ұғымының әртүрлі сипаттамалары мен тұжырымдары бар. Жалпы маркетплейс – бұл әртүрлі тауарлар мен қызметтерді сатуға арналған онлайн-платформаң бір түрі. Бір қызметтің немесе маркетплейстегі өнімнің бағасы әр түрлі болуы мүмкін.

Бәсекелестік қосымша қызметтер есебінен немесе белгілі бір сатушының имиджінің ерекшеліктері есебінен жүреді, ол маркетплейстерде сайттардағыдей рейтинг түрінде ұсынылған.

Маркетплейстер көбінесе өз кеңістігінде әртүрлі жеткізушилдердің тауарларын ұсынады: яғни, бұл азық-түлік тауарлары, қажетті тауарлар, кез-келген қызметтер, балалар тауарлары болуы мүмкін –барлығы бірдей интернет-платформада. Маркетплейстегі тауарлардың кол жетімділігі, әдетте, өздерінің онлайн-филиалдары бар әртүрлі бөлшек сауда дүкендеріне қарағанда әлдекайда жоғары. Маркетплейстердің саны мен функционалдығы 2014 жылдан бастап өсүде.

Сонымен мақаланы жазудағы негізгі мақсат – сатып алушылар өз қалаған тауарларын сатып алатын және өз тауарын сатуға қоюға мүмкіндік беретін маркетплейстің артықшылығы мен құрылымына жалпы шолу жасау болып табылады.

## Нәтижелер және талқылау

Маркетплейс – бұл сатушылар мен сатып алушыларды сауда операцияларын жүргізуге мүмкіндік беретін онлайн-платформа. Мұнда тауарларды, қызметтерді сатып алуға немесе сатуға немесе айырбастауға болады. Маркетплейстер көбінесе сатушылар өз тауарларын орналастыра алатын және сатып алушылар оларды іздең, сатып алатын инфрақұрылымды қамтамасыз етеді [1].

Қазіргі таңда өте белсенді қолданыстағы маркетплейстердің қатары көп:

- 1) Wildberries (<https://global.wildberries.ru/>)
- 2) Ozon (<https://ozon.kz/>)

- 3) Flip.kz ([https://work.vk.com/flip\\_kz](https://work.vk.com/flip_kz))
- 4) AliExpress (<https://aliexpress.ru>)
- 5) Kaspi.kz (<https://kaspi.kz>)
- 6) Satu (<https://satu.kz>)
- 7) Tomas (<https://tomas.kz>)
- 8) Lamoda (<https://www.lamoda.kz>)
- 9) Edc.sale (<https://edc.sale/ru/kz>)
- 10) Ozon Global (<https://global.ozon.com/ru-kz>)

Маркетплейстердің құрылымы жақсы ойластырылған және сатып алушылар үшін интуитивті, ыңғайлы навигация, жағымды дизайн бар, қысқа тақырыптар мен мәтіндер, жеңіл ішкі іздеу, қолдау қызметіне көрініс болу керек. Төменде маркетплейстердің негізгі жиі кездесетін құрылымы көрсетілген:

1 «Көрме» – бұл қарапайым интернет-дүкенге ұқсас, бірақ сатып алушылардан тауарлар туралы ақпаратты жинау және жүктеумен ерекшеленетін тауарлар каталогы [2].

2 Интернет-дүкен сияқты сатып алушының көнсесі.

3 Серіктестің (сатушының) кабинеті тауарларды «көрмеге» орналастыруға, сату процесін бақылауға, сату бойынша аналитика алуға, айналымды бақылауға, клиенттердің пікірлеріне жауап беруге, дауларды шешүге мүмкіндік береді [3].

Маркетплейстер пікірлер қалдыруға және тауарларды бағалауға мүмкіндік береді, бұл болашақ сатып алушылар үшін ыңғайлы. Кейір маркетплейстер «кеңінше қаралып табылады» сияқты құралды пайдаланады.

Маркетплейспен жұмыс істеудің негізгі артықшылықтары мен кемшіліктерін қарастырайық.

Артықшылықтары:

1 Сатушы жарнаманы үнемдей алады және өз бизнесін дамыта алады, мысалы, бизнесті күру сатысында.

Өйткені, маркетплейс арқылы сату, тіпті, өз сайтыңызды қамтуға мүмкіндік береді. Яғни, жалпы алғанда, кез-келген адам шетелде арзан тауар сатып ала алады және оны маркетплейске өзіне тиімді бағамен тапсыра алады, тек қашықтан есепші жалдау керек, сонымен қатар өз өнімі үшін тауар карточкаларын жасау керек (сайтта орналастыру үшін) [4].

2 Маркетплейспен жұмыс істей отырып, сатушы бірден өз ұсынысын қарастыратын үлкен, өзіне адал нарық аудиториясын ала алады. Бұл сонымен қатар брендті жылжытуға, сондай-ақ интернет-сайтты жазуға, сақтауға және дамытуға жұмсалатын көптеген ресурстарды үнемдейді [5].

3 Сату ауқымын көнсесі.

Маркетплейстердің тағы бір артықшылығы – олардың сату географиясын дамыту мүмкіндігі. Сатушы өз тауарларын жарнамаға, сату қалаларында өнім қоймаларын ашуға қажетсіз қаржылық ресурстарды жұмысамай-ақ, бүкіл ел бойынша сата алады. Ол үшін логистиканы маркетплейс жүзеге асырады [6].

4 Маркетплейстермен жұмыс істеу кезінде кәсіпкер жұмысының кейбір аспекттілері маркетплейс мамандарына түседі. Мысалы, жеке интернет-дүкенді дамыту үшін сатушы «себебті» дұрыс құруы немесе төлем жүйесін сайтқа байланыстыруы керек. Төлем терминалын ішкі кірістер қызметіне тіркеу қажет [7]. Мұндай сәттер өте көп, және олардың көпшілігі сатушылар тауарды маркетплейс арқылы сатқан кезде маңызды болмайды.

Кемшіліктері:

1 Сатушылармен жұмыс шарттары.

Сол сияқты, маркетплейс әкімшілігі олардың келісімшартында жазылған біржакты тәртіpte сатушылармен ынтымақтастық шарттарын өзгерте алады [8]. Немесе мұндай өзгерістер туралы ескерту клиенттерге олар енгізілгенге дейін бірнеше күн бұрын жеткізіледі. Көбінесе бұл клиенттердің жаппай бұғатталуына әкеледі, бұл жақында wildberries маркетплейс мысалында [9] байқалды.

2 Маркетплейстерде тауарларды жылжыту туралы шарттардың түрлері өз тауарларына қол жетімділікті жоғалтуды қөздейді.

Бұл дегеніміз, сатушы женілдік акцияларының кезеңдерін өзі тағайындаі алмайды, сонымен қатар тауардың қаптамасы мен тұтынушыға жеткізілуін қадағалай алмайды [10]. Сатып алушыларда осы мәселелер бойынша шағымдар туындаған кезде маркетплейске емес, сатушыға жүгінетінін түсіну керек.

Сонымен, жоғарыда маркетплейстердің көптеген анықтамалары туралы айтылды. Бұл «әртүрлі сатушылардың тауарларын сататын онлайн-сайттар». Және «сатып алушы мен сатушы арасындағы келісім», мұнда маркетплейс сатып алушы үшін әр түрлі тауарлардың гипермаркеті болып табылады, барлық сатып алушардың бір жерде жасау мүмкіндігі бар, бір уақытта сатушы үшін – ол іс жүзінде көтерме сатып алушы болып табылады. Сондай-ақ, маркетплейс сатылым ауқымы арқылы ұсына алатын төмен бағалары үшін танымал.

SWOT талдауы – бизнесті зерттеу әдісі: оның күшті және әлсіз жақтары, сыртқы мүмкіндіктері мен қауіптерін, яғни, бизнестің жағдайын бағалаудын, және оның кеңеуі мүмкіндіктерін табудың онай жолы (1-кесте).

### Кесте 1 – Маркетплейстерге SWOT талдауы

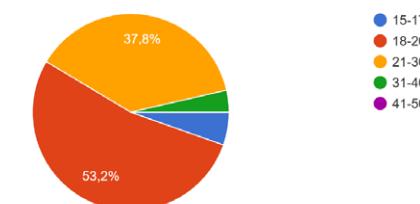
Артықшылықтары	Мүмкіндіктер
- Көн ассортимент;	- Қосымша төлем опцияларына қол жеткізу көнірек қамту;
- Тапсырысты бақылау мүмкіндігі;	- Сатып алушылар үшін ұсыныстарды жекелендіру сапасын арттыру;
- Тиімді қолдау қызметі;	- Жеткізу қызметінің сапасын жақсарту.
- Бренд туралы хабардар болу;	
- Беру пункттерінің көп саны;	
- Фотосурет бойынша тауарды іздеу мүмкіндігі;	
Кемшіліктери	Қауіптер
- Жеткізу мерзімдерінің тұрақсыздығы;	- Киберқауіпсіздік тәуекелдері және алайтық әрекеттер,
- Пайдаланушылардың бір болігінің төлем әдістеріндегі шектеулер.	- платформаның беделіне әсер ету;

SWOT талдауы біздің маркетплейстің қазіргі жағдайын тереңірек түсінуге мүмкіндік берді, сондай-ақ, оның күшті және әлсіз жақтары, мүмкіндіктері мен қауіптері анықталады. Бұл талдау маркетплейстің бәсекелестік жағдайын жақсартуға және пайдаланушылар үшін құндылықты арттыруға бағытталған стратегияларды әзірлеуге негіз болды.

Маркетплейстің қазіргі уақытта қаншалықты қажет екенін анықтау мақсатында сауалнама жүргізілді.

Сауалнама нәтижесінде ең көп жас санаты 18 бел 20 жас аралығы 53,2 пайзын қамтыды. Қазіргі таңда маркетплейсті барлығы қолдана алады. Себебі маркетплейстен кез-келген адам өз қалаған тоуарын таба алады (1-сурет).

Сіз қандай жас санатына кіресіз?/К какой возрастной категории вы относитесь?  
111 ответов

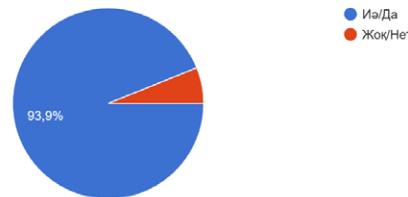


Сурет 1 – Жас санаты бойынша

Маркетплейсті пайдалану идеясы сауалына адамдардың 94 пайзы Иә деп жауап берді. Бұл деген маркетплейспен жұмыс жасау қазіргі таңда өте өзекті әрі ынғайлыш деген сөз (2-сурет).

Сізге маркетплейс мобиЛЬДІ қосымшаны пайдалану идеясы қызықтырыады ма?/Вас интересует идея использования мобильного приложения маркетплейс?

115 ответов

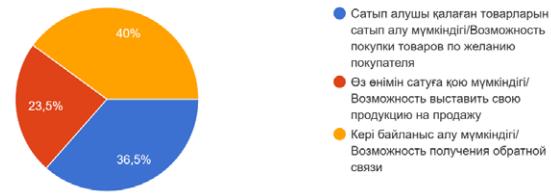


Сурет 2 – Маркетплейсті пайдалану идеясы

Маркетплейспен жұмыс істеудің артықшылығы туралы саул намаға 40 пайзы – сатып алушы қалаған тауарын сатып алу мүмкіндігі, әрі өз тауарын сатуға қоюға мүмкіндігі бар артықшылықтарын таңдады. Себебі адамдардың барлығы онымен жұмыс істей алады, әрі сатушылар өз өнімдерін сатумен айналыса алады немесе жеткізушилерден өнімді сата алады (3-сурет).

Маркетплейс мобиЛЬДІ қосымшаларды пайдаланудың қандай артықшылықтары сіз үшін маңызды?/Какие преимущества использования ...иложений для маркетплейса важны для вас?

115 ответов



Сурет 3 – Маркетплейспен жұмыс істеудің артықшылығы туралы саул намаға нәтижесі

### Қорытынды

Қорытындылайтын болсақ маркетплейстердің құрылымына баса назар аударылды. Маркетплейске swot талдау жасау барысында оның артықшылықтары мен кемшіліктері анықталды. Сонымен қатар оның пайдасы мен қауіптері де анықталды. Және де маркетплейс қазіргі таңда қаншалықты қажет екенін анықтау мақсатында саул намаға жүргізілді.

Саул намаға 107 қатысушы қатысты. Осы саул намаға жауап берген қатысушылардың нәтижелері талқыланды.

Нәтижесінде, мынадай қорытынды пікірлерді атап өтуге болады: Маркетплейстер тұтынуышыға тауар ұсынысын қалыптастырудың ыңғайлы құралы болып табылады; Тауар немесе қызмет жеткізушилерінің ұсыныстарын біріктіретін қызметтер, әдетте, іздеуді, тандауга көмектесуді, төлемнің әртүрлі тәсілдерін ұсына отырып, ыңғайлы интерфейс пен ыңғайлышыққа ие. Өзара іс-кимылдың бұл түрінің таралуы түсінікті, ейткені маркетплейс тауарлар мен қызметтердің кең ассортиментінен басқа, қажетті сапа кепілдіктерін бере отырып, сатып алушың ыңғайлы шарттарын ұсынады. Мұның бәрі сатып алушы үшін тартымды және электронды ортада сатуды ұйымдастыру үшін одан ері өсу факторы болып табылады.

### ПАЙДАЛАНЫЛГАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Твердохлебова, М. Д.** Роль маркетплейсов на рынке розничных торговых услуг [Текст] // Практический маркетинг. – 2019. – № 6. – С. 3–8.

2 **Твердохлебова, М. Д.** Интернет-маркетинг : учебник [Текст]. – М : КНОРУС, 2019. – 192 с. – (Бакалавриат).

3 **Михайлюк, М. В.** Маркетплейсы как фактор прогрессивной трансформации интернет-торговли в России: логистический аспект [Текст] // Экономические науки. – 2019. – № 172. – С. 57–61.

4 **Марченков А. А.** Маркетплейсы как главный тренд электронной коммерции [Текст] // Научные стремления. – 2019. – № 26. – С. 65–67.

5 Маркетплейсы - локомотив роста ecommerce // [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.cossa.ru/trends/224910/> (Дата обращения: 11.05.2023).

6 2022 Online Marketplace Tracker, Global // [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.forrester.com/report/2022-online-marketplace-tracker\\_global/RES178130](https://www.forrester.com/report/2022-online-marketplace-tracker_global/RES178130) (дата обращения: 10.05.2023).

7 Маркетплейсы - локомотив роста ecommerce // [Электронный ресурс] URL: <https://www.cossa.ru/trends/224910/> (Дата обращения: 11.05.2023).

8 **Быстррова Н. В., Максимова К. А.** Электронная коммерция и перспективы ее развития [Текст] // Инновационная экономика : перспективы развития и совершенствования. – 2018. – № 7 (33). – Т. 1. – С. 86–90.

9 **Марченков, А. А.** Маркетплейсы как главный тренд электронной коммерции [Текст] // Научные стремления. – 2019. – № 26. – С. 65–67.

10 **Михайлюк, М. В.** Маркетплейсы как фактор прогрессивной трансформации интернет-торговли в России : логистический аспект [Текст] // Экономические науки. – 2019. – № 172. – С. 57–61.

## REFERENCES

- 1 **Tverdoxlebova, M. D.** Rol' marketplejsov na rynek roznichnyx torgovyx uslug [The role of marketplaces in the retail trade services market] [Text] // Prakticheskij marketing. – 2019. – № 6. – P. 3–8.
- 2 **Tverdoxlebova, M. D.** Internet-marketing : uchebnik. [Internet marketing : textbook] [Text]. – Moscow : KNORUS, 2019. – 192 p. – (Bakalavriat).
- 3 **Mixajlyuk, M. V.** Marketplejsy' kak faktor progressivnoj transformacii internet-torgovli v Rossii : logisticheskij aspekt [Marketplaces as a factor of progressive transformation of online commerce in Russia : the logistical aspect] [Text] // Ekonomicheskie nauki. – 2019. – № 172. – P. 57–61.
- 4 **Marchenkov, A. A.** Marketplejsy' kak glavnij trend e-lektronnoj kommersii [Marketplaces as the main trend of e-commerce] [Text] // Nauchnye stremleniya. – 2019. – № 26. – P. 65–67.
- 5 Marketplejsy' - lokomotiv rosta ecommerce [Marketplaces - the locomotive of ecommerce growth] [Electronic resource]. – URL: <https://www.cossa.ru/trends/224910/> (Access date: 11.05.2023).
- 6 2022 Online Marketplace Tracker, Global [2022 Online Marketplace Tracker, Global] [Electronic resource]. – URL: [https://www.forrester.com/report/2022-online-marketplace-tracker\\_global/RES178130](https://www.forrester.com/report/2022-online-marketplace-tracker_global/RES178130) (Access date: 10.05.2023).
- 7 Marketplejsy' - lokomotiv rosta ecommerce [Marketplaces – the locomotive of e-commerce growth] [Electronic resource]. – URL: <https://www.cossa.ru/trends/224910/> (Access date: 11.05.2023).
- 8 **Bystrova, N. V., Maksimova, K. A.** E-lektronnaya kommersiya i perspektivy ee razvitiya [E-commerce and prospects for its development] [Text] // Innovacionnaya ekonomika : perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya. – 2018. – № 7 (33). – T. 1. – P. 86–90.
- 9 Wildberries : itogi 2022 goda [Wildberries : results of 2022] [Electronic resource]. – URL: <https://www.wildberries.ru/presscenter/articles/wildberries-itogi-2022-goda> (Access date: 10.05.2023).
- 10 **Mixajlyuk, M. V.** Marketplejsy' kak faktor progressivnoj transformacii internet-torgovli v Rossii : logisticheskij aspect [Marketplace as a factor of progressive transformation of online commerce in Russia : the logistical aspect] [Text] // Ekonomicheskie nauki. – 2019. – № 172. – P. 57–61.

Басып шығаруға 15.12.23. қабылданды.

\***A. Avdil, Zh. S. Alimova, N. N. Dyusengazina**

<sup>1</sup>Торайғырова университет, Республика Казахстан, г. Павлодар.

Принято к изданию 30.12.23.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ О ФУНКЦИОНИРОВАНИИ МАРКЕТПЛЕЙСА

В настоящее время на фоне стремительного развития цифровой экономики маркетплейсы играют ключевую роль в мире онлайн-торговли. Маркетплейс похож на большой онлайн-рынок, который позволяет продавцам и покупателям легко находить друг друга. Кроме того, продажи через маркетплейсы очень популярны, а маркетплейсы также часто путают с интернет-магазинами. Но нужно понимать, что разные виды продажи товара имеют совершенно разные юридические особенности. Отличительными особенностями маркетплейсов являются широкий ассортимент товаров, авторизация пользователя и поставщика, личный кабинет покупателя и продавца, различные варианты оплаты и доставки. Размещает товары на своих складах, доставляет заказы покупателям, привлекает покупателей на сайт, предоставляет продавцам рекламные инструменты и анализ продаж.

В этой статье основное внимание уделяется структуре маркетплейсов. При SWOT-анализе маркетплейса рассматриваются его преимущества и недостатки. Также определяются его преимущества и риски. Также был проведен опрос, чтобы определить, насколько необходим маркетплейс в настоящее время. В опросе приняли участие 107 участников. Обсуждаются результаты участников, ответивших на этот опрос.

**Ключевые слова:** маркетплейс, интернет-магазин, поставщик, покупатель, продажа товаров онлайн.

\***A. Avdil, Zh. S. Alimova, N. N. Dyusengazina**

Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Accepted for publication 15.12.23.

## THEORETICAL INFORMATION ABOUT THE FUNCTIONING OF THE MARKETPLACE

Today, against the backdrop of the rapid development of the digital economy, marketplaces play a key role in the world of online trading.

Marketplace is like a huge online marketplace that allows sellers and buyers to easily find each other. In addition, selling through marketplaces is very popular; and marketplaces are often confused with online stores as well. But it should be understood that different types of sales of goods have completely different legal features. Distinctive features of marketplaces are a wide range of goods, user and supplier authorization, personal account of the buyer and seller, various payment and delivery options. Places goods in their warehouses, delivers orders to buyers, attracts buyers to the site, provides sellers with advertising tools and sales analysis.

This article focuses on the structure of marketplaces. In the process of SWOT analysis of the marketplace, its advantages and disadvantages are considered. At the same time, its benefits and risks are also determined. In addition, a survey was conducted to determine how much marketplaces are needed today. 107 participants took part in the survey. The results of the participants who answered this questionnaire are discussed.

Key words: marketplace, online store, supplier, buyer, online sale of goods.

SRSTI 20.15.05

<https://doi.org/10.48081/MYHJ7815>

**\*D. S. Mukashev, G. A. Abitova**

Astana IT University, Republic of Kazakhstan, Astana

\*e-mail: [d.mukashev@inbox.ru](mailto:d.mukashev@inbox.ru)

## **RESEARCH OF INFORMATION SYSTEMS IN WEATHER FORECASTING**

Weather forecasting plays a crucial role in numerous industries and activities, ranging from agriculture and energy to tourism and transportation. In recent years, information technologies have significantly enhanced the capabilities of weather forecasting, providing more accurate and timely data. This article explores innovative information technologies employed in weather forecasting and their impact on modern practices. It highlights the utilization of cloud computing and data storage for managing vast amounts of meteorological data, enabling the use of more precise forecasting models. Additionally, the article discusses the integration of Internet of Things (IoT) and sensor networks, which facilitate the collection of weather data from diverse sources and contribute to localized and real-time weather predictions. Artificial intelligence (AI) and machine learning techniques are also examined for their ability to analyze large datasets, identify patterns, and improve forecast accuracy. Finally, the article emphasizes the importance of advanced data visualization techniques in effectively conveying weather information to end-users. By harnessing these information technologies, weather forecasting continues to advance, empowering various industries and enhancing decision-making processes.

Keywords: Cloud computing, Data storage, Internet of Things (IoT), Artificial intelligence (AI), Machine learning, Forecast accuracy, Data visualization, Decision-making processes.

### **Introduction**

Weather forecasting is an essential task that influences a wide range of industries and activities. Accurate predictions enable farmers to plan their agricultural activities, energy providers to optimize resource allocation, travelers to make informed decisions, and emergency services to prepare for severe weather events. Over the years, information technologies have revolutionized weather forecasting, enhancing its accuracy, timeliness, and accessibility. This article delves

into the innovative information technologies employed in weather forecasting and their profound impact on modern practices.

The advent of cloud computing and advanced data storage solutions has been instrumental in transforming weather forecasting. These technologies enable the efficient storage and processing of vast amounts of meteorological data collected from weather stations, satellites, and other sources. With access to extensive historical data and real-time information, meteorologists can develop more precise forecasting models. Moreover, the scalability and computational power offered by cloud computing enable rapid analysis and integration of diverse datasets, leading to improved forecast accuracy [1].

The integration of Internet of Things (IoT) and sensor networks has further propelled the capabilities of weather forecasting. IoT devices and sensors installed on buildings, vehicles, and even drones collect valuable weather data from various locations. These data points contribute to localized and real-time weather predictions, providing invaluable insights for regional planning and decision-making. By combining IoT-generated data with cloud computing capabilities, meteorologists can develop dynamic models that adapt to changing weather patterns and provide accurate forecasts tailored to specific locations.

Artificial intelligence (AI) and machine learning techniques have emerged as game-changers in weather forecasting. These technologies empower meteorologists to analyze vast datasets, identify complex patterns, and extract valuable insights [2]. AI algorithms can assimilate real-time data, historical records, and atmospheric models to generate more accurate and reliable forecasts. Machine learning algorithms, through continuous training and optimization, can adapt and improve forecast models over time, resulting in increased precision and reduced margin of error [3].

### Materials and methods

#### Cloud Computing and Data Storage

Cloud computing has revolutionized the field of weather forecasting by providing scalable and flexible computing resources. Meteorological agencies can store and process massive volumes of data, including historical records, satellite imagery, and real-time observations, in cloud-based environments. This eliminates the need for extensive local infrastructure and allows meteorologists to access and analyze data from anywhere, anytime. Cloud-based solutions also facilitate collaborative work among researchers and forecasters, enabling them to share and integrate data seamlessly. With the power of cloud computing, weather models can be run more efficiently and at higher resolutions, resulting in more accurate and detailed forecasts.

Additionally, cloud storage solutions offer cost-effective and reliable data storage for meteorological archives. Historical weather data, spanning decades

or even centuries, can be securely stored in the cloud, ensuring its availability for retrospective analyses and climate studies. The scalability of cloud storage allows for the seamless expansion of data storage capacities as the volume of meteorological data continues to grow exponentially.

#### Internet of Things (IoT) and Sensor Networks

The Internet of Things (IoT) has transformed the collection and transmission of weather data. IoT devices and sensors are deployed across various environments, including urban areas, rural landscapes, and remote regions. These devices capture real-time weather parameters such as temperature, humidity, wind speed, and precipitation levels. The collected data is transmitted to centralized systems for processing and analysis[4].

Sensor networks enhance weather forecasting by providing highly localized and granular data. Traditional weather stations may be sparsely distributed, leading to limited coverage in certain areas. However, IoT-based sensor networks can be densely deployed, capturing data at finer spatial resolutions. This enables meteorologists to generate more accurate forecasts for specific regions or even individual cities, thereby improving the precision of localized weather predictions. Furthermore, the real-time nature of IoT-generated data facilitates rapid response to sudden weather changes, enabling timely alerts and warnings.

#### Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning

Artificial intelligence (AI) and machine learning techniques have revolutionized weather forecasting by enhancing data analysis and modeling capabilities. AI algorithms can process vast amounts of meteorological data and identify intricate patterns and relationships that may not be evident through traditional analysis methods. Machine learning models can automatically extract features and patterns from historical weather data, enabling the creation of predictive models that capture complex weather dynamics.

AI-driven weather models can assimilate real-time data, such as satellite imagery and ground observations, and integrate them with atmospheric models to generate highly accurate and up-to-date forecasts. Machine learning algorithms can continuously learn from new data and adjust forecasting models in real-time, leading to improved accuracy over time [5] These advancements in AI and machine learning empower meteorologists to develop more reliable predictions, especially for short-term and high-impact weather events.

#### Data Visualization and User Interfaces

Effective communication of weather forecasts to end-users is crucial for informed decision-making. Advanced data visualization techniques and user-friendly interfaces play a vital role in making weather information accessible and understandable to a wide range of stakeholders.

Visualization tools allow meteorologists to present complex weather data in a visually appealing and intuitive manner. Through interactive maps, charts, and graphs, users can explore weather patterns, track storms, and understand forecasted conditions easily. Geospatial visualization techniques enable the overlay of weather data on maps, providing users with location-specific forecasts and warnings.

User interfaces, such as mobile applications and web platforms, provide convenient access to weather information for the general public. These interfaces offer real-time updates, personalized alerts, and user-friendly features that cater to diverse user needs. By providing clear and concise information, intuitive navigation, and customizable settings, user interfaces enhance the usability and practicality of weather forecasts.

### Remote Sensing and Satellite Technology

Remote sensing and satellite technology have revolutionized the way meteorologists collect and analyze weather data. Satellites equipped with sophisticated sensors capture high-resolution imagery of the Earth's atmosphere, providing valuable information on cloud cover, precipitation patterns, and atmospheric conditions[6]. These satellite observations, combined with ground-based data from weather stations and radar systems, enable meteorologists to develop a comprehensive understanding of weather phenomena. Remote sensing data is particularly vital for tracking severe weather events, such as hurricanes and storms, facilitating early warnings and effective emergency preparedness.

### Visualization and Decision Support Tools

Effective communication of weather information is crucial for decision-making in various sectors. Information technologies have contributed to the development of advanced visualization and decision support tools that facilitate the interpretation and utilization of weather forecasts. Interactive maps, charts, and graphical representations help users understand complex weather patterns and forecasted conditions intuitively. Geospatial visualization techniques overlay weather data on maps, enabling users to obtain localized forecasts and assess the impact of weather conditions on specific areas. Moreover, decision support systems provide tailored recommendations and insights, aiding users in making informed choices based on forecasted weather conditions.

### Mobile Applications and Real-Time Alerts [7]

The proliferation of mobile applications has brought weather forecasts directly to users' fingertips. Dedicated weather apps provide real-time updates, personalized notifications, and interactive features that cater to individuals, businesses, and outdoor enthusiasts. Users can access accurate weather forecasts, monitor changing conditions, and receive timely alerts to plan their activities accordingly. Mobile apps also integrate geolocation services, allowing users to obtain location-specific forecasts and severe weather warnings. The accessibility and convenience of

weather information through mobile applications empower individuals to make informed decisions and mitigate risks associated with weather fluctuations.

Work relevance. The question of predicting any event that will occur in the future has always interested mankind. Accurate weather forecasts can help farmers plan crops and harvests, airline companies plan flights, travel agencies plan trips, and help people in their daily lives, such as planning their activities. Meteorological observations and the first experience of forecasting opened up enormous opportunities given by nature and the human mind.

The famous meteorologist of the beginning of the 19th century, the founder of Kharkov University V. N. Karazin wrote: "I have no need to prove the usefulness of meteorology. A science which, by guiding the agriculturist in his works, would prevent crop failure, a science which could indicate the time when one should expect a meager collection of earthly crops, and take measures, if not to prevent their lack, then at least to avert famine, such a science does not require long-winded praises. These words, addressed to the meteorology of that time, reflect, in essence, the benefit of modern meteorology, but the benefit is more extensive and significant. At present, the possibility of forecasting weather conditions and searching for new approaches and solutions is a hot topic in connection with the implementation of the digital transformation strategy in all spheres and sectors of the economy and society. Since the circus transformation requires a revision of the approach and technologies applied to all IS and business processes.

Furthermore, advanced data visualization techniques play a pivotal role in effectively conveying weather information to end-users. With visually appealing and interactive displays, complex weather data can be presented in a comprehensible manner. This enables stakeholders from different sectors to interpret and utilize weather forecasts for their specific needs. Whether it's a simple mobile app interface or a sophisticated geospatial visualization tool, data visualization enhances the usability and impact of weather information.

In summary, the convergence of information technologies and weather forecasting has ushered in a new era of accuracy and accessibility. Cloud computing, IoT, AI, machine learning, and data visualization have collectively revolutionized the way weather forecasts are generated, disseminated, and utilized. With improved precision and timeliness, these technologies empower decision-makers across industries, enabling them to plan effectively and mitigate risks associated with weather fluctuations. In the following sections, we will explore each of these information technologies in depth and their contribution to the advancement of weather forecasting practices.

## Results

### Improved Forecast Accuracy

Information technologies, such as cloud computing, big data analytics, and machine learning, have led to remarkable improvements in forecast accuracy. Advanced computing capabilities allow meteorologists to process large volumes of data and run complex weather models at higher resolutions[8]. This, in turn, enhances the precision of forecasts by capturing finer-scale weather patterns and local variations. Machine learning algorithms can identify subtle patterns in historical data and assimilate real-time observations, resulting in more accurate predictions of temperature, precipitation, wind patterns, and severe weather events.

### Enhanced Lead Time for Severe Weather Warnings

Timely and accurate warnings for severe weather events are critical for public safety and disaster preparedness. Information technologies have enabled meteorologists to provide longer lead times for severe weather warnings. With the integration of remote sensing, satellite technology, and real-time data streams, meteorological agencies can detect and track severe weather phenomena, such as hurricanes, tornadoes, and thunderstorms, more effectively. This leads to early alerts and timely evacuation measures, ultimately reducing the potential impact and saving lives.

### Tailored and Location-Specific Forecasts

Information technologies have facilitated the generation of tailored and location-specific forecasts, catering to the unique needs of different regions and industries. Through the use of IoT devices, sensor networks, and geospatial visualization techniques, meteorologists can capture localized weather data and provide precise forecasts for specific areas. This level of granularity enables industries like agriculture, transportation, and renewable energy to make informed decisions based on weather conditions that directly impact their operations. Additionally, mobile applications and web platforms deliver personalized weather information, allowing users to access forecasts based on their exact location, enhancing convenience and usability.

### Advanced Visualization and User Interfaces

Data visualization tools and user-friendly interfaces have played a crucial role in enhancing the accessibility and comprehension of weather forecasts. Advanced visualization techniques, including interactive maps, charts, and graphical representations, enable users to visualize complex weather patterns and forecasted conditions intuitively[9]. Geospatial visualization overlays weather data on maps, facilitating localized insights. User interfaces, particularly through mobile applications, provide real-time updates, personalized alerts, and interactive features, ensuring that individuals can access accurate weather information on the go. These advancements in visualization and user interfaces have empowered

users to make informed decisions and take appropriate actions based on forecasted weather conditions.

### IBM's Deep Thunder

Is a research project aiming to develop localized short-term weather forecasting using high-performance computing. Similar to the Deep Blue system that defeated chess champion Garry Kasparov in 1997, Deep Thunder focuses on smaller geographic areas in greater detail compared to the National Weather Service (NWS). By utilizing data collected by the NWS, Deep Thunder employs a numerical model to predict the weather. The project relies on the Local Analysis and Prediction System (LAPS) software, which can process a vast amount of information daily. Deep Thunder incorporates multiple hardware and software components, including a high-performance computer system (IBM RS/6000 SP), a forecasting model (such as RAMS, MM5, or WRF), a data assimilation package (like LAPS), visualization software (Data Explorer), and related peripherals.

The LAPS software, developed by the Forecast Systems Laboratory (FSL) of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), serves as a data assimilation and analysis package. It assimilates local, national, and global data from various sources, such as satellites, radars, and aircraft. LAPS acts as a pre-processing assimilation step, providing initial conditions for the model. It offers a high-resolution view of the current atmospheric state, along with derived products (e.g., icing, visibility, clouds) and variables (e.g., heat index, buoyancy), which prove valuable for real-time applications. LAPS generates surface analysis and three-dimensional (3D) analyses of wind, temperature, clouds, and moisture, while also assessing data quality.

Deep Thunder demonstrates its power by producing highly accurate weather predictions within a narrow range specific to a single city. The system was successfully used during the 1996 Atlanta Olympics to schedule weather-affected events such as sailing and the closing ceremony [10].

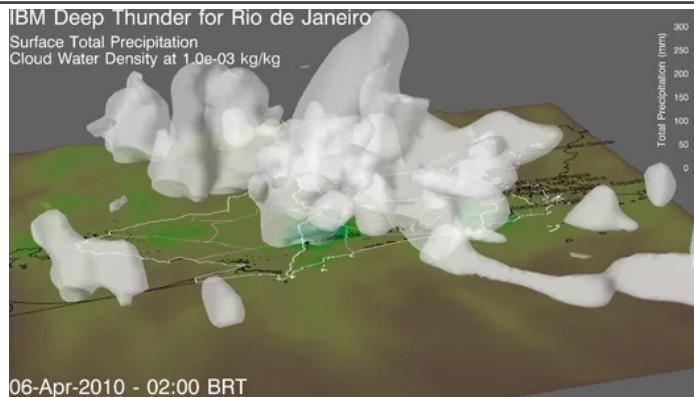


Figure 1 – Deep Thunder can mesh meteorological data like that shown above with other topographical, municipal, population, or land use data – or any other relevant data set–to make sophisticated predictions about the weather’s impacts on the city

#### India utilizes advanced computing systems to forecast its weather

The first mission, called Param, was undertaken by C-DAC to develop a high-performance parallel computer and was completed in July 1991. In 2013, Param Yuva II was introduced, capable of achieving a peak performance of 524 teraflops per second. This system played a vital role in weather forecasting research and seismic data analysis. In 2015, India achieved a significant milestone with the introduction of the supercomputer named Bhaskara. Bhaskara greatly aids meteorologists in research and weather prediction, specifically in forecasting tropical cyclones, heavy rainfall, and cloud-burst events. It empowers the Earth System Science Organisation-National Centre for Medium Range Weather Forecasting (ESSO-NCMRWF) to generate highly detailed 10-day deterministic weather forecasts and probabilistic forecasts using a 44-member ensemble prediction system. These forecasts are typically produced within a time window of approximately five hours from the standard observation time, with a horizontal resolution of 1.5 km. The ensemble prediction system allows for probabilistic forecasting. Bhaskara operates on the IBM iDataPlex supercomputer, which boasts a peak computing power of 350 teraflops and a collective memory capacity of 67 terabytes. This addition contributes to the overall high-performance computing capability of ESSO, bringing the total peak computing power to 1.14 petaflops.

#### Discussion

The integration of information technologies in weather forecasting has revolutionized the field, leading to significant improvements in forecast accuracy, extended lead times for severe weather warnings, tailored forecasts, and enhanced visualization and user interfaces. Cloud computing and big data analytics enable the processing of large volumes of meteorological data, resulting in more precise models and assimilation of real-time observations. Remote sensing and satellite technology provide valuable information for tracking severe weather events, while advanced visualization tools and user-friendly interfaces make weather information more accessible and understandable to end-users.

Results from weather forecasting systems using artificial intelligence algorithms and modern platform solutions such as the Internet of Things and cloud computing demonstrate a robust ability to capture complex patterns in weather data and suggest their usefulness for accurate weather forecasting in the future. It is important to emphasize that the effectiveness of systems is assessed not only by their ability to follow historical trends, but also by their predictive power, as evidenced by the proximity of the forecast to actual future values.

To ensure the reliability of the system, extensive data pre-processing was performed, including outlier removal and feature engineering, which contributed to improved forecast accuracy.

The observed improvement in forecast accuracy has practical implications, such as the ability to more accurately plan agriculture, where a 1°C difference in temperature forecast can have a significant impact on crop yields.

#### Problem Areas and Missing Aspects

Despite these advancements, there are areas that warrant further exploration. One such area is the integration of AI in longer-term climate modeling. While the study showed improvements in short to medium-term forecasts, the application of AI in predicting long-term climatic changes remains less explored and presents a significant challenge, as indicated by Shepherd (2014).

Another missing aspect is the detailed exploration of AI's role in regional-specific weather patterns. The study primarily focused on general weather conditions, and further research could provide insights into how AI models perform in different geographic and climatic conditions.

Future research should aim to address these gaps by:

- Exploring the integration of AI in long-term climate modeling, potentially combining AI with existing climate models to enhance their predictive capabilities.
- Conducting region-specific studies to understand the efficacy of AI models in diverse climatic and geographical settings.
- Investigating the potential of newer AI techniques, such as Generative Adversarial Networks (GANs), in improving weather prediction models.

– Focusing on the ethical and practical aspects of AI implementation in meteorology, particularly regarding data privacy and the computational resources required.

– Collaborating with interdisciplinary teams, including climatologists, AI experts, and data scientists, to develop more holistic and robust weather forecasting systems.

Future studies could explore the incorporation of real-time satellite imagery to further enhance predictive accuracy and the application of our model across different climatic zones to verify its generalizability.

### Conclusion

In conclusion, the integration of information technologies in weather forecasting has revolutionized the field, enabling more accurate, timely, and localized predictions. Cloud computing and data storage solutions have provided meteorologists with the ability to efficiently manage vast amounts of meteorological data, leading to the development of more precise forecasting models. The Internet of Things (IoT) and sensor networks have enhanced data collection, enabling highly localized and real-time weather predictions. Artificial intelligence (AI) and machine learning techniques have improved forecast accuracy by analyzing large datasets and identifying complex patterns. Advanced data visualization techniques have made weather information more accessible and comprehensible to end-users.

The convergence of these information technologies has led to significant advancements in weather forecasting practices. Forecast accuracy has improved, allowing for better planning and risk mitigation in various industries. Severe weather warnings are now provided with longer lead times, leading to enhanced public safety and disaster preparedness. Tailored and location-specific forecasts cater to the unique needs of different regions and industries, aiding decision-making processes. Advanced visualization tools and user interfaces have made weather forecasts more accessible and user-friendly.

Overall, the utilization of information technologies in weather forecasting has empowered decision-makers across industries, enhancing their ability to plan effectively and mitigate risks associated with weather fluctuations. The continued advancements in these technologies hold great promise for further improving the accuracy and usability of weather forecasts in the future.

### Future Research Directions

While information technologies have already transformed weather forecasting, there are several promising research directions that can further enhance the field:

**Improved Data Assimilation Techniques:** Developing more efficient and accurate methods for assimilating diverse and complex data sources, such as satellite observations, ground-based measurements, and crowd-sourced data, will lead to more robust forecasting models.

**Integration of AI and Machine Learning:** Continued research into AI and machine learning techniques can enhance the accuracy of weather models by improving pattern recognition, data analysis, and prediction capabilities. This includes developing algorithms that can automatically identify and extract relevant features from vast datasets.

**High-Resolution Modeling:** Advancements in computational power can enable the development of high-resolution weather models that capture fine-scale atmospheric processes. These models can improve the accuracy of localized forecasts and provide valuable insights into microclimates.

**Ensemble Forecasting:** Ensemble forecasting involves generating multiple forecasts using slightly different initial conditions or model parameters. Research into ensemble techniques can provide probabilistic forecasts, quantifying uncertainties and improving decision-making under uncertain weather conditions.

**Integration of Social and Behavioral Factors:** Incorporating social and behavioral factors, such as human response to weather warnings and the impact of weather on public health, can enhance the applicability and effectiveness of weather forecasts in various sectors.

**Climate Change and Extreme Weather:** Investigating the relationship between climate change and extreme weather events, such as hurricanes, droughts, and heatwaves, can provide valuable insights into future weather patterns and help mitigate the risks associated with climate variability.

**Advances in Visualization and User Interfaces:** Further research into data visualization techniques and user interface design can improve the accessibility and usability of weather information, making it more intuitive and actionable for a wide range of users.

### REFERENCES

- 1 Bauer, P., Thorpe, A., & Brunet, G. The quiet revolution of numerical weather prediction // Nature. – 525(7567). – 2015. – P. 47–55.
- 2 Bhattacharya, B., Chen, Y., & Rasheed, K. Cloud computing applications in weather forecasting : A review // Journal of Big Data. – 5(1). – 2018. – P. 1–18.
- 3 Brown, T. B., & Harris, N. L. Satellite remote sensing of weather and climate : A review // Wiley Interdisciplinary Reviews : Climate Change. – 10(5). – e593. – 2019.
- 4 Dee, D. P., Uppala, S. M., Simmons, A. J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., ... & Vitart, F. The ERA-Interim reanalysis : configuration and performance of the data assimilation system // Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. – 137(656). – 2011. – P. 553–597.

5 **Hacker, J. P., McCollum, J., & Richardson, D.** Using artificial intelligence to improve weather forecasting. Bulletin of the American Meteorological Society, 99(7), 2018. – P. 1331–1339.

6 **Lavers, D., & Villarini, G.** Advances in understanding and simulating extratropical cyclones: Results from the HAPPI workshop. Bulletin of the American Meteorological Society, 100(8), ES253-ES256. – 2019.

7 **Li, J., Li, Z., & Zhang, X.** Weather forecasting by integrating big data: A survey. Big Data Research, 15, 2019. – P. 35–42.

8 **Mohanty, S. P., Skoric, B., Collier, C. G., & Teng, H.** Internet of Things (IoT) in the era of big data: Opportunities, challenges, and enabling technologies. Big Data and Cognitive Computing, 1(1), 2017. – P. 1–24.

9 **Richardson, D., & Fowler, H. J.** Predicting the risk of extreme climate events using statistical models: an international comparison. Weather and Climate Extremes, 15, 2017. – P. 10–20.

10 WMO (World Meteorological Organization). Guidelines on Multi-hazard Impact-based Forecast and Warning Services. – 2021.

Accepted for publication 04.01.24

\***Д. С. Мукашев, Г. А. Абитова**

Astana IT University, Казакстан Республикасы, Астана к.  
Басып шығаруга 15.12.23 қабылданды.

## ЗАМАНАУИ ПЛАТФОРМАЛЫҚ ШЕШІМДЕ НЕГІЗІНДЕ АУА-РАЙЫН БОЛЖАУҒА АРНАЛҒАН АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯ

Ауа райын болжасау ауыл шаруашылығы мен энергетикадан туризм мен колікке дейінгі көптеген салалар мен қызметтеге маңызды рол атқарады. Соңғы жылдардың ақпараттық технологиялар ауа-райын болжасау мүмкіндіктерін едәуір арттырып, дәлірек және уақтылы деректерді қамтамасыз етті. Бұл мақалада ауа райын болжасауда қолданылатын инновациялық ақпараттық технологиялар және олардың қазіргі тәжірибелеге есептің қарастырылады. Ол метеорологиялық деректердің үлкен колемін басқару үшін бұлтты есептеулердің және деректер қоймасын пайдалануды ерекшелейді, дәлірек болжасау модельдерін жасасауга мүмкіндік береді. Сонымен қатар, мақалада әртүрлі көздерден ауа райы деректерін жисеңдіктерін және нақты уақытта локализацияланган ауа райы болжасын жесеңдіктерін заттар Интернеті (IoT) мен сенсорлық жүйелердің интеграциясы талқыланады. Жасанды интеллект (AI) және машиналық оқыту әдістері де олардың үлкен деректер

жисиынын талдау, үлгілерді анықтау және болжасау дәлдігін жақсарту қабілетіне тексерілуде. Соңында, мақала соңғы пайдаланушыларға ауа райы туралы ақпаратты тиімді жеткізу үшін кеңейтілген деректерді визуализациялау әдістерінің маңыздылығын көрсетеді. Осы ақпараттық технологияларды пайдалану арқылы ауа-райын болжасау дамуды жалғастыруда, әртүрлі салаларға мүмкіндік береді және шешім қабылдау процестерін жақсартады.

Кілттің сөздері: Бұлттық есептеулер, Деректердің сақтау, Интернет заттары (IoT), Жасанды интеллект (AI), Машиналық оқыту, Болжасау дәлдігі, Деректерді визуализациялау, Шешім қабылдау процестері.

\***Д. С. Мукашев, Г. А. Абитова**

Astana IT University, Республика Казахстан, г. Астана  
Принято к изданию 15.12.23.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПОГОДЫ

Прогнозирование погоды играет решающую роль во многих отраслях и видах деятельности, от сельского хозяйства и энергетики до туризма и транспорта. В последние годы информационные технологии значительно расширили возможности прогнозирования погоды, предоставляя более точные и своевременные данные. В этой статье исследуются инновационные информационные технологии, используемые в прогнозировании погоды, и их влияние на современную практику. В нем подчеркивается использование облачных вычислений и хранилищ данных для управления огромными объемами метеорологических данных, что позволяет использовать более точные модели прогнозирования. Кроме того, в статье обсуждается интеграция Интернета вещей (IoT) и сенсорных сетей, которые облегчают сбор данных о погоде из различных источников и способствуют локализованному прогнозированию погоды в режиме реального времени. Методы искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения также проверяются на предмет их способности анализировать большие наборы данных, выявлять закономерности и повышать точность прогнозов. Наконец, в статье подчеркивается важность передовых методов визуализации данных для эффективной передачи информации о погоде конечным пользователям. Благодаря использованию этих

информационных технологий прогнозирование погоды продолжает развиваться, расширяя возможности различных отраслей и улучшая процессы принятия решений.

**Ключевые слова:** Облачные вычисления, Хранение данных, Интернет вещей (IoT), Искусственный интеллект (ИИ), Машинное обучение, Точность прогнозов, Визуализация данных, Процессы принятия решений.

SRSTI 50.03.05

<https://doi.org/10.48081/NMPU3955>

\***R. K. Murat<sup>1</sup>, F. Tursunmetova<sup>2</sup>, N. K. Nadirov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Astana IT University, Republic of Kazakhstan, Astana;

<sup>2</sup>Nazarbayev University, Republic of Kazakhstan, Astana;

\*e-mail: [m.raikhan@astanait.edu.kz](mailto:m.raikhan@astanait.edu.kz)

## MULTI-CLASSIFIERS SYSTEM FOR CREDIT CARD FRAUD DETECTION

The business of issuing credit cards is extremely important to the functioning of the economy since it facilitates the use of a straightforward method of payment in a variety of contexts, such as online banking, commercial transactions, and financial dealings. Nonetheless, using credit cards is also associated with fraudulent activity and non-payment, both of which constitute a considerable danger to customers and the business as a whole. Detecting and preventing fraudulent activity involving credit cards is complex and time-consuming because of the ever-changing nature of fraudulent and expected behavior and the unequal class label and overlapping of class instances inside the data sets.

The class imbalance in credit card data sets poses a significant obstacle in detecting fraud. Biased models may result from a substantially lower number of fraudulent cases compared to non-fraudulent cases.

The study underlines the influence of oversampling and undersampling techniques on single-classifier methods and stresses the significance of selecting an appropriate classifier algorithm. The results indicate that multi-classifier methods, particularly COPOD + RFC and IForest + RFC, can substantially improve credit card fraud detection compared to single-classifier methods. These results demonstrate the potential advantages of integrating multiple unsupervised and supervised learning algorithms to improve credit card fraud detection while decreasing false positives.

Overall, the study emphasizes the significance of employing a combination of machine learning techniques to resolve the difficulties of credit card fraud detection. The proposed method can assist credit card companies in accurately and efficiently identifying fraudulent activities, thereby reducing the risk of financial loss and enhancing customer confidence.

**Keywords:** fraud, multi-classifier methods, detecting, single-classifier methods, transactions, accuracy, fraudulent activity, the combination of machine learning, credit card.

## Introduction

In recent years, digital banking has evolved as an essential element of the modern financial system. It has been utilized by numerous industries, including banks, e-commerce, and personal finance, because of its reliability and regularity [1]. On the other hand, a spike in fraudulent transactions has coincided with a rise in digital banking usage. As a defense mechanism against this fraudulent activity, banks have created several various fraud detection systems [1]. The ongoing development of new methods for committing digital fraud has necessitated the implementation of advanced fraud detection systems by financial institutions [1].

Machine learning algorithms have emerged as an effective approach to fraud detection [2]. These models have advantages over traditional rule-based systems as they can analyze vast amounts of data and identify subtle patterns indicative of fraudulent activity. Unlike rule-based systems, machine learning models can adapt and update their algorithms to respond to newly identified fraudulent schemes [2].

The technique based on machine learning is more adept at keeping up with the constantly evolving strategies employed by fraudsters. While a combination of rule-based and machine-learning approaches may still be necessary, the focus should be on further developing sophisticated machine-learning methods to overcome the limitations of traditional rule-based systems. Continuous research is crucial in identifying novel fraud detection techniques and addressing the challenges of machine learning algorithms [2–3].

Worldwide, fraud using credit cards is currently increasing, and it can have significant repercussions for individuals, organizations, and financial institutions in terms of financial loss and reputation. As reported by the Nilson Report, worldwide fraud involving credit card losses hit \$27.85 billion in 2019, and these losses are anticipated to continue to rise over the next few years. [4]

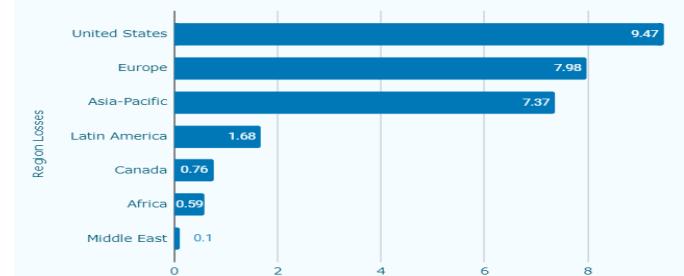


Figure 1 – Credit Card Fraud Losses by Region (in billions USD)

The data presented in Figure 1 provides an overview of each region's credit card fraud losses, expressed in billions of U.S. dollars. The table lists many regions, including the Middle East, Canada, the United States, Asia-Pacific, South America, Europe, and Africa. According to the data shown in the graph, the United States experienced the most credit card fraud losses in 2020, totaling USD 9.47 billion. Europe ranked second with losses totaling 7.98 billion USD, followed by Asia-Pacific with losses totaling 7.37 billion USD. The losses in Latin America were 1.68 billion U.S. dollars. In Canada, they were 0.76 billion U.S. dollars. In Africa, they were 0.59 billion U.S. dollars; in the Middle East, they were 0.1 billion U.S. dollars. This table's data is essential for comprehending the geographic distribution of credit card fraud losses and identifying which locations may require additional measures to prevent and detect fraud.

In Kazakhstan, online fraudulent transactions are a prevalent issue, with criminals using social engineering tactics to obtain personal information. The National Bank of Kazakhstan reported 7,151 incidents of bank card fraud in the first half of 2020, resulting in a total loss of KZT 3.3 billion [5]. To combat this, financial institutions and the government have implemented measures such as fraud detection systems, biometric verification, and consumer education.

However, fraudsters constantly modify their techniques, posing an ongoing challenge to financial institutions and law enforcement agencies. Continuous attention and innovation are necessary to ensure secure payment systems and protect consumers and businesses from the negative impacts of credit card fraud [6].

To address this problem, this article aims to develop a multi-classifier system for detecting credit card fraud. The system will utilize machine learning techniques to identify and prevent fraudulent transactions. It will be trained on large datasets to detect subtle patterns of fraudulent behavior and adapt to new fraud schemes by updating its models accordingly.

### Problem statement

Data mining techniques like machine learning, neural networks, artificial intelligence, and frequency mining can be used to prevent financial fraud, including credit card fraud [7–9]. However, these techniques face obstacles such as restricted access to data for testing, limited information in datasets, and security concerns that limit the exchange of ideas [8].

Researchers have developed solutions to address these obstacles, such as the hybrid fuzzy logic model that combines machine learning and fuzzy logic to enhance anti-fraud precision [9]. In this study, the focus is on credit card fraud detection, and the main objectives are to address the issues of imbalanced class distribution and overlapping class samples.

To achieve these objectives, a Multi-Classifiers System will be created, utilizing machine learning classifiers and techniques like ensemble learning, feature selection, and class balancing to improve accuracy and handle overlapping class samples and imbalanced class distribution [10–11].

The goal is to build a robust and effective fraud detection system capable of enhancing the accuracy and dependability of credit card fraud detection systems, helping businesses and financial institutions safeguard themselves and their customers from the negative repercussions of fraud.

### Materials and Methods

Machine learning algorithms, such as neural networks, Decision Trees, Support Vector Machines (SVM), and Naive Bayes, have shown their effectiveness in detecting fraudulent transactions by identifying patterns and anomalies in large datasets. These algorithms outperform humans in automated fraud detection, saving time and reducing errors. However, the success of these models relies on high-quality training and validation data. Decision Trees excel in financial fraud detection, but they can struggle with imbalanced class distribution or overlapping samples, which researchers address through techniques like class underrepresentation and overrepresentation. Linear and logistic regression models are commonly used, but their performance may suffer from unbalanced classes and overlapping samples, which can be improved by combining them with other machine-learning approaches. The Local Outlier Factor algorithm detects fraud by identifying deviations from the average, although it faces limitations with sparse fraudulent data. Naive Bayes is reliable but less accurate with imbalanced or overlapping data, yet it remains popular due to its simplicity and speed in fraud detection.

C4.5, a decision tree method used for fraud detection, has limitations due to imbalanced class distribution and overlapping class samples, but strategies like under-sampling, oversampling, and cost-sensitive learning can mitigate these challenges while maintaining its effectiveness in spotting fraudulent transactions.

SVM is a powerful ML model for fraud detection, particularly for high-dimensional and complex datasets. However, imbalanced class distribution and overlapping class samples are challenges that can affect its accuracy. Various techniques like oversampling, under-sampling, and feature selection can address these issues. Despite these limitations, SVMs have shown high accuracy in detecting fraudulent transactions, with some studies reporting 99.8 % accuracy. Ensemble techniques can also enhance fraud detection efficacy. Additional research is needed to build more effective algorithms to manage overlapping class samples.

It is essential to evaluate the effectiveness of fraud detection models to identify instances of fraudulent behavior precisely. Based on the findings of an exhaustive Literature Review, it has been determined that the performance of various models for fraud detection varies significantly. Unbalanced and overlapping data sets pose obstacles that a few models can effectively address.

In detecting fraud, the effectiveness of singular classification models like decision trees, the likelihood of occurrence function (LOF), Naive Bayes, C4.5, and support vector machines (SVMs) vary. Critical evaluative criteria for these models include the data set, precision, constraints, and real-time efficacy. While each model has advantages and disadvantages, combining them into a multi-classifier system may effectively overcome their shortcomings and improve fraud detection accuracy. In conclusion, integrating multiple models may improve fraud detection performance, allowing for more accurate identification of fraudulent behavior.

### Dataset Description

The chapter on data set description and preprocessing is vital to every data analysis endeavor. The focus of this chapter is on detailing the obtained raw data and the actions taken to clean, transform, and prepare it for future analysis. The quality and precision of the study depend heavily on the data collection quality and the preprocessing processes' efficacy. Thus, it is essential to describe the data set thoroughly, including its size, characteristics, and any missing or incorrect data. In addition, all preprocessing methods, including missing value management, outlier detection, and normalization, must be exhaustively documented and justified. By providing a clear and straightforward description of the data set and preprocessing processes, the future analysis will be more accurate and dependable, resulting in more solid results.

These datasets are valuable resources for training and assessing machine learning models for fraud detection and credit risk assessment and have been widely utilized in research studies. The Credit Card Fraud (CCF) datasets is extensively utilized in finance and credit card fraud detection.

The Credit Card Fraud (CCF) dataset, released in 2016 by European cardholders, has been a valuable resource for fraud detection research. It provides transactional data that has been extensively used to develop and test various

machine-learning models and fraud detection techniques. The availability of this dataset has facilitated the study and evaluation of novel strategies and methodologies for detecting fraudulent credit card transactions. The CCF dataset has played a significant role in advancing fraud detection capabilities [12].

The dataset contains 30 attributes, 28 of which are numerical and 2 of which are categorical. PCA was used to change the numerical characteristics to keep the data private.

	Time	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	...	V21	V22	V23	V24	V25	V26	V27	V28	Amount	Class
0	0.0	-1.359007	-0.072701	2.536347	1.370155	-0.33021	0.462300	0.239599	0.096690	0.365707	...	-0.016307	0.277038	-0.110474	0.066928	0.126539	-0.109115	0.133550	-0.021053	149.62	0
1	1.191857	0.266151	0.166480	0.48154	0.060018	-0.082361	-0.078803	0.085102	-0.255425	...	-0.225775	-0.638672	0.101288	-0.339846	0.167170	0.125895	-0.008988	0.014724	2.69	0	
2	1.0	-1.358354	-1.340183	1.773209	0.370780	-0.503198	1.800499	0.791461	0.247676	-1.514654	...	0.347908	0.771679	0.050412	-0.680281	-0.327862	-0.139097	-0.055353	-0.059752	378.66	0

Figure 2 – Dataset visualization

The two defining characteristics are «Time» and «Amount». The «Time» attribute indicates the number of seconds between each transaction and the first transaction in the collection. The «Amount» field displays the transaction total in euros. Table 1 shows a detailed description of the features in the CCF dataset. «Class» is the target variable identifying whether a transaction is fraudulent. Several 1 indicates a fraudulent transaction, while a value of 0 suggests a transaction that is not fraudulent.

Table 1 – Credit Card Fraud (CCF) dataset features

Feature	Description	Type
Time	Number of seconds elapsed	Categorical
V1-V28	PCA transformed features	Numerical
Amount	Transaction amount	Categorical
Class	Fraudulent or non-fraudulent	Categorical

Preprocessing The data supplier has already preprocessed the dataset, and the dataset contains no missing values.

Limitation The CCF dataset contains 492 fraudulent transactions out of a total of 284,807 transactions, resulting in a class imbalance issue. To address this imbalance, techniques such as oversampling and under-sampling can be employed to balance the dataset before training machine learning models.

The CCF dataset includes anonymized features V1 to V28, derived from PCA transformation for data privacy. Although the specific attributes and their meanings are not disclosed for confidentiality reasons, researchers can utilize these features as inputs for machine learning models aimed at detecting fraudulent transactions.

The class imbalance issue in the CCF dataset, with a small number of fraudulent transactions compared to valid transactions, poses challenges for effectively detecting fraud using machine learning models.

Nevertheless, the CCF dataset has become a widely used benchmark for fraud detection tasks in the academic community. Its availability has significantly contributed to the development and testing of novel fraud detection techniques, ultimately enhancing the security of credit card transactions.

### Methodology

Detecting fraud in credit card transactions takes multiple steps of data preparation and analysis using various machine-learning algorithms. Data preparation includes cleaning and altering the data to make it usable for machine learning techniques. SMOTE (Synthetic Minority Over-sampling Technique) is a typical oversampling approach used in the preprocessing phase to handle the problem of imbalanced data. Several metrics, including accuracy, precision, recall, F1 - score, and AUC-ROC, are used to assess the performance of each model (Area Under the Receiver Operating Characteristic curve).

Finally, a multi-classification model will implement a multi-classifier system based on a sequential combination approach. This will allow us to integrate the outputs from multiple classifiers to produce a more robust and accurate prediction.

The methodology intends to give a comprehensive approach to detecting credit card fraud, considering the data's uneven nature and the necessity for high precision in recognizing fraudulent transactions.

### Single classifiers models with datasets

We must first partition our data. The train test split function from the Scikit-Learn module is used in the code fragment to split the data. The initial dataset is divided into two sets, X and y, representing the input features and the output label, respectively. The data is separated into two sets: training and testing, with a test size of 30 % and a random state of 42. This means that 70 % of the data will be used to train the model and 30 % to evaluate its performance. The training set will be used to fit the model, while the testing set will be used to evaluate the model's performance.

```
Splitting for the first dataset:  
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size = 0.3)  
  
Splitting for the second dataset:  
X_train, X_test, y_train, y_test =  
train_test_split(X, y, test_size=0.2,random_state=42)
```

Figure 3 – Code of splitting the dataset

For the first dataset, we will use several single-class classification models, including Logistic Regression, Naive Bayes Classifier, Random Forest Classifier, and Support Vector Machine (SVM).

Logistic Regression is a statistical model used to study the relationship between a dependent variable and one or more independent variables by estimating probability using a logistic function. Any real-valued number is mapped to a probability between 0 and 1 by the logistic function (sigmoid function). Based on the input features, the model computes the probability ratio for the occurrence of an event, such as fraud detection. The outcome of the logistic Regression is a binary classification model with a threshold for classifying a transaction as fraudulent or not.

SVMs are commonly used in machine learning to handle classification and regression problems. The program projects the samples of a given data set with n attributes into an n-dimensional space where each sample is represented as a point, and the value of each attribute corresponds to a specific position. As demonstrated in Figure 4, the SVM algorithm next calculates the best hyper-plane that splits the data into classes.

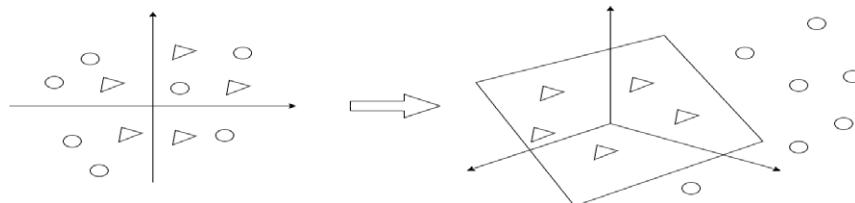


Figure 4 – Support Vector Machines (SVM) algorithm

The technique works by creating several decision trees using a random subset of the features and a random selection of the data. For each tree, a bootstrap sample of the training data is used to produce a new dataset of the same size as the original, but some of the samples are repeated and others are left out. This is referred to as bagging (bootstrap aggregating).

To predict the class of a new sample, the algorithm sends the sample through all the trees and combines the results by taking the majority vote. The final output is the class with the highest number of votes.

A random forest decision tree is generated using a collection of features and data. This randomization helps to reduce overfitting and increase the generalization of the model. Using techniques such as cross-validation, the algorithm's hyperparameters, such as the number of trees and the maximum depth of each tree, can be changed to improve the model's performance on the validation set.

The Multi-Classifiers System, often known as MCS, is an ensemble technique that enhances the accuracy of predictions by merging the findings of multiple classifiers into a single model.

Before going on to more complex models, simpler classifiers that produce less precise results are often applied first. In the sequential combination strategy, two or more separate classifiers process the input data by collaborating sequentially. Following this, the output of the initial classifier serves as the input for subsequent classifiers. The boosting method is an example of a learning algorithm that uses sequential combining. Figure 5.

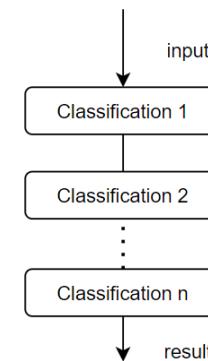


Figure 5 – Sequential combination

In this research project, a sequential multi-classifier combination strategy will be implemented to improve the accuracy of fraud detection models. The concept of merging supervised and unsupervised models to improve the identification of fraudulent transactions will also be investigated. Support Vector Machine (SVM) and Random Forest Classifier are the base classifiers employed in this work (RFC).

Combining the COPOD algorithm, an unsupervised outlier detection methodology, with the RFC model constitutes the first combination method. COPOD identifies data outliers and eliminates them from the training set, enhancing the RFC model's performance.

The second combination approach will entail combining the COPOD and SVM algorithms. Like the first method, COPOD is used to preprocess the data by finding and removing outliers, improving the SVM model's performance.

Using the Isolation Forest (IForest) algorithm, another unsupervised outlier detection tool, in conjunction with SVM, constitutes the third combination method. The IForest algorithm functions by isolating data outliers through recurrent dataset segmentation. By deleting these outliers, the SVM model's performance can be enhanced.

All unsupervised models (COPOD and IForest) will be combined with RFC in the fourth combination approach. Before feeding the data into the RFC model, this

strategy seeks to discover and eliminate data outliers by combining the strengths of two unsupervised outlier detection algorithms.

In the final combination procedure, all unsupervised models (COPOD and IForest) will be combined using SVM. This method tries to enhance the performance of SVM by reducing data outliers.

By applying sequential multi-classifier combination approaches with supervised and unsupervised models, we hope to boost the accuracy of fraud detection models and the capacity to identify fraudulent transactions.

### Results and Discussion

The chapter on findings will compare the performance of single and multi-classification models for credit card fraud detection.

Single classifier's performance with the dataset

The table demonstrates the performance metrics of four distinct single classifiers on the Credit Card Fraud (CCF) dataset. Each model is evaluated based on its accuracy, precision, recall, and F1 score.

Table 2 – Single classifiers performance

Dataset	Model	Accuracy	Precision	Recall	F1 score
CCF	Logistic Regression	99.92	0.87	0.63	0.73
CCF	Naive Bayes	97.8	0.65	0.84	0.70
CCF	Random Forest	99.93	0.77	0.86	0.81
CCF	Support Vector Machine	99.94	0.83	0.83	0.83

The logistic regression model had the highest accuracy for the CCF dataset, at 99.92 %, but its recall was relatively low, at 0.63, showing that it struggled to identify fraudulent transactions correctly. The Naive Bayes model's accuracy was lower, at 97.8 %, but its recall performance was superior, with a score of 0.84. The Random Forest model achieved the most excellent F1 score of 0.81, indicating that its precision and recall were well-balanced. The Support Vector Machine model achieved a balanced performance with an accuracy of 99.94 % and an F1 score of 0.83.

Overall, these results indicate that the selection of a single classifier can substantially impact a model's performance and that other models may be better suited for particular datasets and aims.

Multi-classification model performance

The table depicts the evaluation of the performance of various single-classifier models trained on Credit Card Fraud (CCF)

Table 3 – Multi classifiers performance

Dataset	Model	Accuracy	Precision	Recall	F1 score
CCF	COPOD + RFC	99.95	0.92	0.78	0.85
CCF	COPOD + SVC	99.96	0.93	0.89	0.91
CCF	IForest + RFC	99.94	0.92	0.76	0.83
CCF	IForest + SVC	99.93	0.81	0.82	0.82
CCF	All Unsupervised + RFC	99.94	0.88	0.78	0.83
CCF	All Unsupervised + SVC	99.92	0.86	0.73	0.73

The performance metrics evaluated are accuracy, precision, recall, and the F1 score. COPOD + RFC, COPOD + SVC, IForest + RFC, IForest + SVC, All Unsupervised + RFC, and All Unsupervised + SVC are the models evaluated for the CCF dataset.

### Conclusions

Based on the tables presented, it is evident that several machine-learning models have been employed to detect fraudulent behavior with varying degrees of success. Logistic regression, Naive Bayes, random forest, and Support Vector Machines (SVM) have all shown high accuracy in identifying fraud in credit card transactions. However, imbalanced datasets can negatively impact the precision of some models, such as Naive Bayes. In order to overcome these challenges, researchers have proposed combining multiple models and using unsupervised learning techniques. The combination of COPOD and random forest, and COPOD and SVM, have shown excellent performance in detecting fraud, with high accuracy, precision, recall, and F1 scores.

Overall, the use of machine learning models and unsupervised learning techniques has the potential to improve the detection of fraudulent behavior significantly. However, it is crucial to consider the limitations and challenges associated with these models, such as imbalanced datasets and overlapping class samples. Further research is needed to develop more robust and effective models that can address these challenges and provide greater accuracy and reliability in detecting fraudulent behavior.

REFERENCES

1 **Litan, A.** The evolving nature of digital banking fraud. Forbes. 2020, [Electronic resource]. – <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2020/01/06/the-evolving-%20nature-of-digital-banking-fraud/?sh=692c479a78e9>.

2 **Ankur, R.** Comparative Analysis of Various Classification Algorithms in the Case of Fraud Detection // International Journal of Engineering Research & Technology. – 2017. – 6(9). <http://dx.doi.org/10.17577/IJERTV6IS090047>.

3 **J E T A.** Supervised Machine Learning Algorithms: Classification and Comparison // International Journal of Computer Trends and Technology (IJCTT). – 2017. – 48(3), 128–138 p. <http://dx.doi.org/10.14445/22312803/IJCTT-V48P126>.

4 Nilson Report. The Nilson Report. – [Electronic resource]. – [https://www.nilsonreport.com/upload/content\\_promo/The\\_Nilson\\_Report\\_12-15-2020.pdf](https://www.nilsonreport.com/upload/content_promo/The_Nilson_Report_12-15-2020.pdf). 2020.

5 National Bank of Kazakhstan. Financial Stability Review. 2020. – [Electronic resource]. – [https://nationalbank.kz/files/fsr/fsr\\_2020\\_2.pdf](https://nationalbank.kz/files/fsr/fsr_2020_2.pdf).

6 Euromonitor International. Credit cards in Kazakhstan. – 2020. – [Electronic resource]. – <https://www.euromonitor.com/credit-cards-in-kazakhstan/report>.

7 **Bahnsen, A. C., Villegas, S., Aouada, D., & Ottersten, B. E.** Fraud Detection by Stacking Cost-Sensitive Decision Trees. Data Science for Cyber-Security, 2017. – 251–266 p. [Electronic resource]. – <https://doi.org/10.1142/9781786345646012>.

8 **Navanshu, K., Saad Yunus, S.** Credit Card Fraud Detection Using Machine Learning Models and Collating Machine Learning Models // International Journal of Pure and Applied Mathematics. – 2018. – 118(20). – P 825–838. [Electronic resource]. – <https://www.acadpubl.eu/hub/2018-118-21/articles/21b/90.pdf>.

9 **Sadgali, I., Sael, N., Benabbou, F.** Performance of machine learning techniques in the detection of financial frauds // Procedia Computer Science, 2019. – 148, 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.007>

10 **Kalid, S. N., Ng, K. H., Tong, G.-K., Khor, K. C.** A Multiple Classifiers System for Anomaly Detection in Credit Card Data With Unbalanced and Overlapped Classes. // IEEE Access. – 2020. – 8, 1–1 p. <http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2972009>.

11 **Jenny, D., Elena, K.** Identification of non-typical in international transactions on bank cards of individuals using machine learning methods. Procedia Computer Science. – 2021. – 190. – 178–183 p. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.06.023>.

12 **Dal Pozzolo, A., Caelen, O., Johnson, R. A., Bontempi, G.** Calibrating Probability with Undersampling for Unbalanced Classification. In 2015 IEEE

Symposium Series on Computational Intelligence, Cape Town, South Africa : IEEE. – 2015. – 159–166 p. <https://doi.org/10.1109/SSCI.2015.33>

Accepted for publication 15.12.23.

\***P. K. Мұрам**<sup>1</sup>, **Ф. Тұрсунжетова**<sup>2</sup>, **Н. Қ. Нәдирөв**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Astana IT University, Қазақстан Республикасы, Астана к.;

<sup>2</sup>Nazarbayev University, Қазақстан Республикасы, Астана к.

Басып шығаруға 15.12.23 қабылданды.

**КРЕДИТТІК КАРТАЛАРДЫ АНЫҚТАУФА АРНАЛҒАН  
КОП-КЛАССИФИКАТОРЛАР ЖҮЙЕСІ**

Несие карталарын шыгару бизнесі экономиканың жұмыс істейі үшін оте маңызды, ойткени ол онлайн-банкинг, коммерциялық транзакциялар және қаржылық мәмілелер сияқты өртүрлі контексттерде тікелей толем әдісін пайдалануға мүмкіндік береді. Дегенмен, несие карталарын пайдалану алаяқтық өрекеттеп және толем жасамауден де байланысты, олардың екеуді де клиенттерге және тұмстағай алғанда бизнеске айтарлықтай қауіп тондіреді. Несие карталарына қатысты алаяқтық өрекетті анықтау және алдын алу, алаяқтық және күтілетін мінез-құлыштың үнемі өзгеріп тұратын сипатына және тең емес сынның белгісіне және деректер жиындарынан алынған мәндерге жаһандырылады. Несие карталарынан алаяқтық өрекетті анықтау және толем жасамауден де байланысты, олардың екеуді де клиенттерге және тұмстағай алғанда бизнеске айтарлықтай қауіп тондіреді.

Несие карталарынан деректер жиындарынан алынған мәндерге жаһандырылады. Біржасақты модельдер алаяқтық емес істермен салыстырғанда алаяқтық істер санының айтарлықтай аз болуынан тұндырауды мүмкін.

Зерттеу бір классификаторлық әдістерге артық іріктеу және толем таңдау әдістерінің әсерін корсетеді және сәйкес жіктейіш алгоритмін таңдаудың маңыздылығын атап корсетеді. Нәтижелер көп жіктейіш әдістері, атап айтқанда COPOD + RFC және IForest + RFC, бір жіктейіш әдістермен салыстырғанда несие картасының алаяқтығын анықтауды айтарлықтай жақсартпа алатынын корсетеді. Бұл нәтижелер жалған позитивтерді азайта отырып, несие картасының алаяқтығын анықтауды жақсарту үшін бірнеше бақыланбайтын және бақыланатын оқыту алгоритмдерін біріктірудің ықтимал артықшылықтарын корсетеді.

Жалпы алганды, зерттеу несие картасының алаяқтығын анықтау қындықтарын шешу үшін машиналық оқыту әдістерінің комбинациясын қолданудың маңыздылығын атап көрсетеді. Ұсынылған әдіс несие картасы компанияларына алаяқтық әрекеттерді дәл және тиімді анықтауга комектесе алады, осылайша қаржылық жсогалту қаупін азайтады және тұтынуышлардың сенімін арттырады.

Кілтті сөздер: алаяқтық, коп жіктеуіш әдістері, анықтау, бір жіктеуіш әдістері, транзакциялар, дәлдік, алаяқтық әрекет, машиналық оқыту комбинациясы, несие картасы.

\*Р. К. Мұрам<sup>1</sup>, Ф. Тұрсунметова<sup>2</sup>, Н. Қ. Нәдіров<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Astana IT University, Республика Казахстан, г. Астана;

<sup>2</sup>Nazarbayev University, Республика Казахстан, г. Астана

Принято к изданию 15.12.23.

## СИСТЕМА МУЛЬТИКЛАССИФИКАТОРОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ МОШЕННИЧЕСТВА С КРЕДИТНЫМИ КАРТАМИ

Бизнес по выпуску кредитных карт чрезвычайно важен для функционирования экономики, поскольку он облегчает использование простого метода оплаты в различных контекстах, таких как онлайн банкинг, коммерческие операции и финансовые операции. Тем не менее использование кредитных карт также связано с мошенническими действиями и неплатежами, которые представляют значительную опасность для клиентов и бизнеса в целом. Обнаружение и предотвращение мошеннических действий с использованием кредитных карт является сложным и требует много времени из-за постоянно меняющегося характера мошеннического и ожидаемого поведения, а также неравных меток классов и перекрытия экземпляров классов в наборах данных.

Дисбаланс классов в наборах данных кредитных карт представляет собой серьезное препятствие для обнаружения мошенничества. Предвзятые модели могут быть результатом значительно меньшего количества случаев мошенничества по сравнению с делами, не связанными с мошенничеством.

В исследовании подчеркивается влияние методов пере дискретизации и недостаточной выборки на методы с одним классификатором и подчеркивается важность выбора соответствующего алгоритма классификатора. Результаты

показывают, что методы с несколькими классификаторами, особенно COPOD + RFC и IForest + RFC, могут существенно улучшить обнаружение мошенничества с кредитными картами по сравнению с методами с одним классификатором. Эти результаты демонстрируют потенциальные преимущества интеграции нескольких алгоритмов обучения без учителя и с учителем для улучшения обнаружения мошенничества с кредитными картами при одновременном снижении количества ложных срабатываний.

В целом, исследование подчеркивает важность использования комбинации методов машинного обучения для решения проблем обнаружения мошенничества с кредитными картами. Предлагаемый метод может помочь компаниям, выпускающим кредитные карты, точно и эффективно выявлять мошеннические действия, тем самым снижая риск финансовых потерь и повышая доверие клиентов.

**Ключевые слова:** мошенничество, много классификационные методы, обнаружение, одно классификационные методы, транзакции, точность, мошенническая деятельность, сочетание машинного обучения, кредитная карта.

**\*З. Б. Сайманова, Б. О. Мухаметжанова, Д. Ж. Кайбасова,  
Э. К. Сейиширова, Д. Е. Сагатбекова**

Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова,  
Республика Казахстан, г. Караганда

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИИ НЕОДНОРОДНЫХ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ**

В статье создана математическая модель, в одномерном приближении, описывающая установившийся процесс падения плоских акустических волн на полу бесконечную систему неоднородностей и позволяющая исследовать коэффициенты отражения и прохождения волн на границе однородного пространства и полу бесконечной одномерно-периодической системы неоднородностей. Написана программа расчета коэффициентов отражения и прохождения для различных комбинаций сред. Изучено влияние геометрических параметров системы (размера неоднородностей) и физических параметров сред входящих в систему (плотность, скорость звука) на коэффициенты прохождения и отражения. Для ряда материалов найдены оптимальные значения параметров.

Основным источником вибрации и шума являются промышленные строительные и технические конструкции. Решение проблемы повышения безопасности и комфорtnости жизнедеятельности человека является весьма актуальной задачей в плане развития современной техники и технологий.

Основным методом снижения уровня шума и вибраций является использование различных шумо- и вибропоглощающих материалов, предотвращающих распространение шума и вибрации в зону работы человека. В качестве подобных материалов в последнее время интенсивно исследуются гетерогенные материалы, то есть материалы, состоящие из различных сред с разными параметрами распространения шума и вибраций.

Для разработки новых шумо- и вибропоглощающих материалов в настоящее время актуально и необходимо разработать программно-

аналитические средства для исследования волновых явлений в гетерогенных средах, а также проектирования качественных композитных гетерогенных материалов с управляемыми шумо/вибро изолирующими и шумо/вибро поглощающими свойствами.

**Ключевые слова:** программное обеспечение, расчет коэффициентов, математическая модель, алгоритм, компьютер, звукопоглощающие материалы.

### **Введение**

Теоретическое исследование дифракции волн на системах имеющих неоднородную структуру представляет значительный интерес для обширного круга прикладных задач. Создание и совершенствование поглощающих материалов – одна из них. Характерная специфика частотных диапазонов наиболее трудно гасимых волн позволяет сосредоточить внимание на изучении рассеяния волн с длиной волны много превышающей характерный размер рассеивающей структуры. Это связано с тем, что короткие волны, т.е. волны большой частоты диссирируют значительно быстрее длинных волн.

Существующие методы исследования демпфирующих материалов базируются в основном на учете неких интегральных (осредненных) характеристик материала (плотность, скорость звука), что не позволяет понять тонкой специфики механики процесса [1].

Принципиально иным является подход учитывающий пространственные особенности геометрии структуры, например периодичность. Применение этого метода к изучению волноводных свойств проницаемых систем неоднородностей можно найти в [2, 3]. Там же можно найти дальнейшую библиографию по данной проблематике.

В настоящей работе предложена методика исследования коэффициентов отражения и прохождения волн падающих на полу бесконечную одномерно-периодическую систему неоднородностей. Цель работы – дальнейшее развитие указанного метода и его применение к изучению рассеяния длинных волн на полу бесконечной системе проницаемых одномерно-периодических неоднородностей граничащих с однородной средой.

В рамках этой задачи удалось построить приближенную модель для нахождения коэффициентов отражения и прохождения падающей волны. На основе построенной модели создана программа, позволяющая рассчитывать для заданных сред коэффициенты отражения и прохождения. Проведено численное исследование влияния геометрических и физических параметров на отражающее свойство системы неоднородностей и рассчитан пример демпфирующего материала типа алюминий–свинец–резина [4].

## Материалы и методы

Математическое моделирование неоднородного материала с требуемым виброзолирующими и вибропоглощающими свойствами, проектирование материала, изготовление или подбор из существующих, экспериментальная проверка. Методы теории представления групп симметрий и численно-аналитические методы анализа. Проверка эффективности разработанных алгоритмов и программных средств осуществлялась путём проведения компьютерных экспериментов с использованием специально разработанного программного обеспечения.

## Результаты и обсуждение

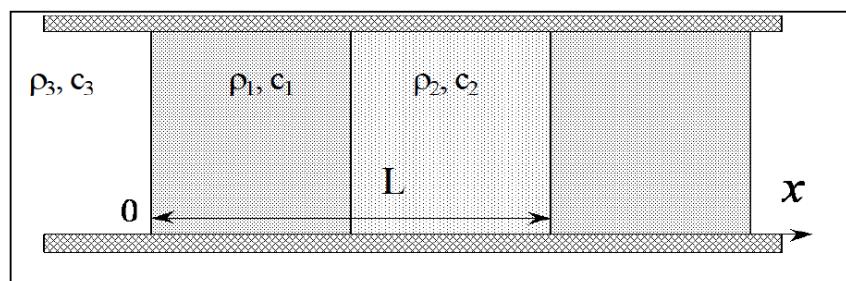


Рисунок 1 – Геометрия структуры и система обозначений

Пусть в пространстве заполненном средой, в которой скорость звука  $c_3$ , плотность в состоянии покоя  $\rho_3$  имеется проницаемая система неоднородностей состоящая из двух сред с параметрами  $(c_1, r_1)$  и  $(c_2, \rho_2)$  соответственно для первой и второй среды и минимальным пространственным периодом  $L$  (рис.1) Среда 1 считается более плотной чем среда 2. Предполагается, что все движения в средах зависят только от одной пространственной переменной  $x$ .

Удобно ввести новую безразмерную переменную  $x' = x / L$  (опуская в дальнейшем штрихи) и использовать следующие обозначения:

$\Omega_1 = \{x : 0 \leq x \leq k_1\}$   $\Omega_2 = \{x : k_1 \leq x \leq 1\}$   $\Omega_3 = \{x : 0 \geq x\}$ , здесь  $k_1$  – безразмерная длина области заполненной средой первого типа,  $\Gamma_{12} = \partial\Omega_1 \cap \partial\Omega_2$   $\Gamma_{13} = \partial\Omega_1 \cap \partial\Omega_3$  - границы соответствующих областей. Пусть из среды 3 на границу  $\Gamma_{13}$  падает плоская волна. Рассматривается установившийся процесс, можно считать, что временная зависимость отделена в виде  $e^{-i\omega t}$  и на границе  $\Gamma_{13}$  задано возмущение вида  $e^{ikx}$ , где  $k = \omega L / c_3$ , что соответствует падающей волне единичной амплитуды. Пусть падающая волна имеет вид, описанный выше, и предположим, что отраженная волна имеет вид  $Re^{-ikx}$ , где  $R$  – неизвестная амплитуда которую

мы будем называть коэффициентом отражения т.к. она нормирована на амплитуду падающей волны. Задача состоит в определении коэффициента отражения в зависимости от физических и геометрических параметров сред входящих в систему.

Звуковые волны описываются акустическим возмущением давления  $p_1(x), p_2(x)$  соответственно в средах 1 и 2, которые удовлетворяют уравнениям Гельмгольца:

$$p_1'' + \lambda^2 p_1 = 0 \text{ в } \Omega_1, \quad p_2'' + \lambda^2 \kappa_{12}^2 p_2 = 0 \text{ в } \Omega_2 \quad (1)$$

$$\lambda = \omega L / c_1, \quad \kappa_{12} = c_1 / c_2$$

На границе контакта сред 1 и 2 и 1 и 3 должны быть выполнены условия непрерывности давления и нормальной к границе составляющей скорости

$$p_1 = p_2 \quad p_1 = p_3 \quad \frac{\partial}{\partial x} p_2 = \tau_{12} \frac{\partial}{\partial x} p_1 \quad \frac{\partial}{\partial x} p_3 = \tau_{13} \frac{\partial}{\partial x} p_1 \quad (2)$$

$$\tau_{12} = \rho_2 / \rho_1 \quad \tau_{13} = \rho_3 / \rho_1$$

Рассматриваются волны, длины которых намного превышают характерный размер неоднородностей (наименьший пространственный период), т.е. длинноволновое приближение. Вдоль направления оси  $x$  будут проходить волны, частоты которых совпадают с волноводными частотами системы неоднородностей, состоящей из сред 1 и 2. А т.к. рассматривается длинноволновое приближение, то частота падающей волны должна попадать в первую полосу пропускания системы неоднородностей.

### Полосы пропускания и запирания. Волноводные функции

Прежде чем приступить к решению исходной (поставленной) задачи, рассмотрим задачу о распространении продольных волн по бесконечной одномерно-периодической системе неоднородностей, в дальнейшем называемой цепочкой.

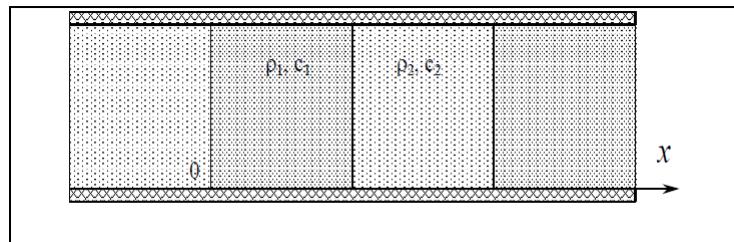


Рисунок 2 – Геометрия бесконечной периодической структуры и система обозначений

Пусть, как и ранее цепочка состоит из двух сред с заданными параметрами (плотность, скорость звука) (рис. 2). Подробное исследование аналогичных задач для различных цепочек можно найти в [2]. Здесь же приводится обобщение результатов и необходимая в дальнейшем терминология.

Установившиеся акустические колебания давления с круговой частотой  $\omega$  описываются при помощи уравнений Гельмгольца

$$\begin{aligned} p_1'' + \lambda^2 p_1 &= 0 \text{ в } \Omega_1, \quad p_2'' + \lambda^2 \kappa_{12}^2 p_2 = 0 \text{ в } \Omega_2 \\ \lambda &= \omega L / c_1, \quad \kappa_{12} = c_1 / c_2 \end{aligned} \quad (3)$$

здесь  $\lambda = \omega L / c_1$  – безразмерная частота колебаний,  $\kappa_{12} = c_1 / c_2$  – отношение скоростей звука в соответствующих средах [3]. На границах контакта сред должны быть выполнены условия непрерывности давления и скорости, причем условие непрерывности скорости может быть выражено через давление с помощью интеграла Бернулли.

$$p_1 = p_2 \quad \frac{\partial}{\partial x} p_2 = \tau_{12} \frac{\partial}{\partial x} p_1 \quad \tau_{12} = \rho_2 / \rho_1 \quad (4)$$

Поставленная задача полностью описывает распространение акустических волн в цепочке, но является трудной для исследования в силу неограниченности области колебаний. Поскольку рассматриваемая цепочка является периодической, можно использовать ее инвариантность относительно группы трансляций по пространственной переменной. Допускаемая группа симметрий позволяет разложить пространство решений на соответствующие этой группе инвариантные подпространства. Так как группа трансляций коммутативна, то любое ее представление в пространстве допускаемых решений унитарно и одномерно, поэтому пространство

решений можно разложить на одномерные инвариантные относительно ее представления подпространства. Данные подпространства обладают следующими свойствами:

- 1 Мощность множества инвариантных подпространств - континuum.
- 2 Если функции  $p_1, p_2$ -решение задачи в одном периоде (ячейке) – принадлежат одному из этих подпространств, то они удовлетворяют условию (сдвига фазы колебаний)-

$$p_1(x+1) = p_1(x)e^{i\xi} \quad p_2(x+1) = p_2(x)e^{i\xi} \quad -\pi \leq \xi < \pi \quad (2,3)$$

Из второго свойства следует, что достаточно сформулировать и решить задачу в одной ячейке, т.е. при  $0 < x < 1$ , с дополнительным условием (5). Решение во всей цепочке можно получить продолжением решения задачи в одной ячейке при помощи условия (5). Обозначим задачу (3)–(5) – задачей С.

**Определение 1:** Волноводным значением задачи С назовем такое значение параметра  $\lambda^*$  для которого существует нетривиальное решение, удовлетворяющее соотношениям (3) – (5).

**Определение 2:** Волноводной частотой задачи С называется  $\omega = \lambda^* L / c_1$

**Определение 3:** Волноводной функцией задачи С называется функция, удовлетворяющая соотношениям (3) – (5), при соответствующем  $\lambda^*$ .

Можно отметить, что волноводная функция, суженная на один период, является собственной функцией соответствующей краевой задачи (3) – (5). В [5] доказаны дискретность и вещественность множества волноводных частот для каждого фиксированного значения параметра  $\xi$ .

Колебания в одном пространственном периоде описываются соотношениями

$$\begin{aligned} p_1'' + \lambda^2 p_1 &= 0 \text{ в } \Omega_1, & p_1(k_1) &= p_2(k_1) \\ p_2'' + \lambda^2 \kappa_{12}^2 p_2 &= 0 \text{ в } \Omega_2, & \tau_{12} p_{1x}(k_1) &= p_{2x}(k_1) \\ p_1(0)e^{i\xi} &= p_2(1) & \tau_{12} p_{1x}(0)e^{i\xi} &= p_{2x}(1) \end{aligned} \quad (6)$$

Общее вид решения уравнения Гельмгольца в областях  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$  можно записывать в форме

$$p_1 = a_1 \exp(i\lambda x) + b_1 \exp(-i\lambda x) \quad (7)$$

$$p_2 = a_2 \exp(i\lambda \kappa_{12} x) + b_2 \exp(-i\lambda \kappa_{12} x)$$

Учитывая граничные условия (4) на неизвестные коэффициенты разложения  $a_1, b_1, a_2, b_2$  можно получить однородную систему линейных уравнений с матрицей А имеющей вид:

$$\begin{bmatrix} \exp(i\lambda k_1) & \exp(-i\lambda k_1) & -\exp(i\lambda \kappa_{12} k_1) & \exp(-i\lambda \kappa_{12} k_1) \\ \tau_{12} \exp(i\lambda k_1) & -\tau_{12} \exp(-i\lambda k_1) & -\kappa_{12} \exp(i\lambda \kappa_{12} k_1) & \kappa_{12} \exp(-i\lambda \kappa_{12} k_1) \\ \exp(i\xi) & \exp(i\xi) & -\exp(i\lambda \kappa_{12}) & -\exp(-i\lambda \kappa_{12}) \\ \tau_{12} \exp(i\xi) & -\tau_{12} \exp(i\xi) & -\kappa_{12} \exp(i\lambda \kappa_{12}) & \kappa_{12} \exp(-i\lambda \kappa_{12}) \end{bmatrix} \quad (8)$$

Нетривиальное решение задачи С существует тогда и только тогда когда определитель матрицы А равен нулю. Непосредственно вычисляя определитель находим его выражение в виде:

$$f(\lambda, \xi) = \frac{1}{2\kappa\tau} (2\kappa \sin(\lambda\kappa) \sin(\lambda\kappa k_1) \cos(\lambda k_1) \tau - \kappa^2 \sin(\lambda\kappa) \cos(\lambda\kappa k_1) \sin(\lambda k_1) - 2\kappa\tau \cos(\xi) + \cos(\lambda\kappa) \sin(\lambda\kappa k_1) \sin(\lambda k_1) \tau^2 + 2\kappa \cos(\lambda\kappa) \cos(\lambda\kappa k_1) \cos(\lambda k_1) \tau - (\sin(\lambda\kappa) \sin(\lambda\kappa k_1) \sin(\lambda k_1) \tau^2 + \kappa^2 \cos(\lambda\kappa) \sin(\lambda\kappa k_1) \sin(\lambda k_1))) \quad (9)$$

Здесь  $k_1$  – протяженность среды 1 в дальнейшем будет называться концентрацией. Соотношение (9) определяет волноводную частоту  $\lambda$  как функцию параметров системы и связывает ее с параметром  $\xi$  характеризующим сдвиг фазы в соседних ячейках, который может рассматриваться как волновое число волн бегущих по цепочки [9].

Если мы ограничимся лишь случаем длинных волн, то раскладывая определитель (9) по  $\lambda$  в точке  $\lambda = 0$  и пренебрегая слагаемыми с  $\lambda^3$  получаем приближенную формулу для безразмерных волноводных частот длинных волн

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{2\tau_{12}(1 - \cos \xi)}{k_1^2((1 + \kappa_{12}^2)\tau_{12} - \tau_{12}^2 - \kappa_{12}^2) + k_1(\tau_{12}^2 - 2\kappa_{12}^2\tau_{12} + \kappa_{12}^2) + \kappa_{12}^2\tau_{12}}} \quad (10)$$

Далее мода колебаний соответствующая низшей волноводной частоте будет называться ползущей [6]. Необходимо отметить, что длина соответствующих волн значительно превышает размеры неоднородностей.

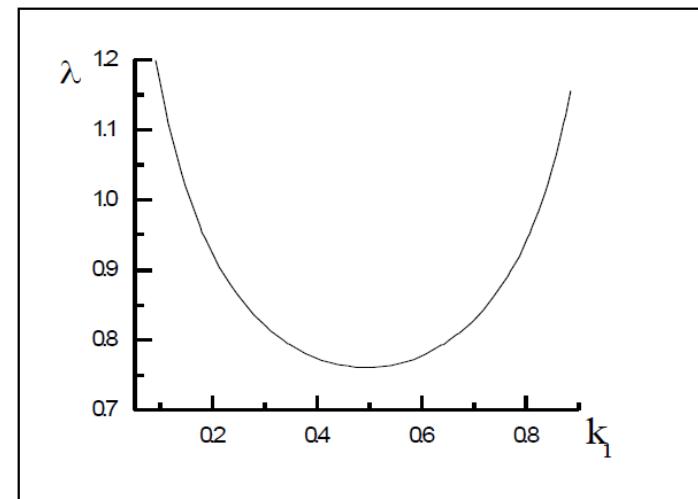


Рисунок 3 – Зависимость собственной частоты ползущей моды от концентрации  $k_1$

На рис.3 приведена зависимость собственной частоты для ползущей моды от концентрации среды первого типа для фиксированных значений параметров плотности и скорости звука ( $\rho_1=11336$  кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_2=1190$  кг/м<sup>3</sup>,  $c_1=2160$  м/с,  $c_2=1480$  м/с, «свинец- резина»,  $\xi = \pi$  ).

Необходимо отметить, что собственные частоты ползущей моды существенно зависят от концентрации  $k_1$ . Наиболее существенно для различных приложений то, что при  $k_1=0.5$  существует глобальный минимум собственной частоты как функции линейной концентрации [7]. Ниже приведена зависимость безразмерных собственных частот ползущей моды от сдвига фазы колебаний в соседних ячейках для различных концентраций  $k_1$ .

Расчеты проведенные по формуле для определителя показывают что приближенная формула (10) справедлива лишь при малых значениях параметра  $\xi$ .

Результаты численного сравнения двух формул при малых значениях параметров приведены на рис. 5. Достаточно ясно, что при  $x$  меньше 0.2 для нахождения волноводных частот можно пользоваться длинноволновой формулой [8]. Приведена зависимость волноводных частот  $\lambda$  от сдвига фазы

$\xi$  для различных значений концентрации  $k_1$ . Видно, что для любого значения  $k_1$  существуют интервалы, в которых локализованы все волноводные частоты. Назовем эти непересекающиеся интервалы полосами пропускания, а их дополнение до вещественной оси полосами запирания (непропускания).

На основе [10]–[13] аналитического и численного исследования (9), можно сделать вывод о наличии у цепочки счетного числа полос пропускания и полос запирания (непропускания).

Границы полос пропускания определяются равенствами: для первой полосы:

**Пример расчета материала типа алюминий- свинец -резина.**

Рассмотрим пример конкретной системы неоднородностей свинец-резина. Наиболее просто реализуемый вариант это – дробинки вваренные в резину. Среда 1 – свинец, среда 2 – резина. ( $\rho_1=11336 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\rho_2=1190 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $c_1=2160 \text{ м}/\text{с}$ ,  $c_2=1480 \text{ м}/\text{с}$ ). Предположим, эта система сопряжена со средой 3 - алюминием ( $\rho_3=2700 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $c_3=6260 \text{ м}/\text{с}$ ) из которой падает волна частотой  $f=10 \text{ Гц}$ . Задача состоит в определение параметров системы таких, чтобы отраженная волна была минимальна.

Используя описанный выше алгоритм были проведены расчеты. На рис.3. приведена зависимость модуля коэффициента отражения от линейной концентрации свинца для различных размеров элементарной ячейки цепочки. Очевидно, что для любого размера ячейки существует оптимальное значение концентрации при котором отраженная волна минимальна ( $k_1=0.78$ ). Необходимо отметить слабую (фактически отсутствие) зависимость от размера элементарной ячейки. Но это и не удивительно поскольку длины волн бегущих по цепочке на порядки превышают размеры ячейки.

Совершенно иначе дело обстоит в случае если вместо алюминия взять сталь ( $\rho_3=7700 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $c_3=5880 \text{ м}/\text{с}$ ).

Отсутствие оптимального значение концентрации позволяет сделать вывод.

Наличие оптимального значения концентрации связано с условиями согласования материалов (т.е. не для любых материалов можно подобрать оптимальные параметры).

Так если в качестве параметра согласования взять среднее произведение скорости звука на плотность, то для системы «алюминий– свинец –резина» этот параметр отличается слабо, а для системы «сталь- свинец –резина» имеется отличие в несколько раз.

**Выводы**

1 Построена приближенная модель для расчета коэффициентов отражения и прохождения при дифракции плоской волны на системе неоднородностей, граничащей с однородной средой.

2 Найдены формулы для коэффициентов отражения и прохождения в зависимости от параметров сред.

3 Проведен численный анализ влияния геометрических и физических параметров системы на ее отражающие свойства (показано, что не для любых наборов сред и частот падающей волны существует оптимальные значения параметров).

4 Создана программа, позволяющая рассчитывать для заданных сред коэффициенты отражения и прохождения.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 Saimanova, Z. B., Sukhinin, S. V., Zhumaqillayeva, A. K. Wave transmission and reflection from the boundary of phononic crystal homogeneous medium // Eurasian journal of mathematical and computer applications. – 2020. – Volume 8. – Issue 1. – P. 62–75.

2 Saimanova, Z. B., Sukhinin, S. V., Zhumaqillayeva, A. K., Mukhametzhanova, A. O., Smagulova, A. S., Abildaeva, G. B. Acoustic method of quality control of two-component composite material. // Applied Sciences. – 2021, 11(24). <https://doi.org/10.3390/app112411594>.

3 Bao, J., Shi, Z. F., Xiang, H. J. Dynamic responses of a structure with periodic foundations // Journal of Engineering Mechanics. – 2012. – Vol. 138. – P. 761–769.

4 Сайманова, З. Б., Сухинин, С. В., Жумадиллаева, А. К. Фононды кристалдар шекарасындағы толқындардың берілуі мен бейнеленуі // КазҰТУ хабаршысы. – 2020. – №6(130). – Б. 373–376.

5 Сайманова, З. Б., Сухинин, С. В., Жумадиллаева, А. К. Гетерогенді екікомпонентті өнімдер қоспасының құрамын акустикалық бақылау // КазККА хабаршысы. – 2020. – №4(115). – Б. 348–353.

6 Сайманова, З. Б., Сухинин, С. В., Жумадиллаева, А. К. Дыбыссініргіш және дыбысшағылыстырытын материалдарды онтайландыру // «КАХАК» FTK жаңалықтары. – 2020. – №4(71). – Б. 42–48.

7 Сайманова, З. Б., Сухинин, С. В., Жумадиллаева, А. К. Қабатты гидрооқшаулағыш ортадағы акустикалық толқындар // Жас ғалым Халықаралық ғылыми журнал. – 2020. – №10(300). – Б. 109–115.

8 Сайманова, З. Б., Сухинин, С. В., Жумадиллаева, А. К. Біртекті емес екі компонентті орталарда акустикалық зондтау әдістерін өзірлеу // Gylym Jáne Bilim – 2020: матер. 15-ші халық. ғыл. конф. – Нұр-Сұлтан, 2020. – Б. 668–672.

9 Konstantinov, A. P., Sukhinin, S. V., Yurkovskiy, V. S. Wave transmission and reflection at the boundary of phononic crystals // J. Phys. conf. ser. – 2017. – Vol. 894. – P. 012094-1-012094-7.

10 Gavrilyuk, S. L., Makarenko, N. I., Sukhinin, S. V. Waves in Continuous Media. – Cham : Springer International Publishing, 2017. – 141 p.

11 Brun, M., Movchan, A. B., Jones, I. S. Phononic band gap systems in structural mechanics: Finite slender elastic structures and infinite periodic waveguides // Journal of Vibration and Acoustics. – 2013. – Vol. 135. – P. 041013-1-041013-9.

12 Сайманова, З. Б., Сухинин, С. В., Жумадиллаева, А. К. Біртекті ортадағы шекара бөлуінің байланысы арқылы дірілді және акустикалық толқындардың шағылуы және өтуі // Инновационные технологии, экономика и менеджмент в промышленности: жинағ. 8-ші халық. ғыл. конф. – Теміртау, 2021. – Б. 83–89.

13 Сайманова, З. Б., Сухинин, С. В., Жумадиллаева, А. К. Гетерогендік ортадағы акустикалық өрталар // Қазақстан Республикасы Тәуелсіздігінің 30 жылдығына: жинағ. 11-ші халық. ғыл.-тәжір. конф. «Инновациялық технологиялар және инжинириング». – Қарағанды, 2021. – С. 364–368.

Принято к изданию 15.12.23.

#### REFERENCES

1 Saimanova, Z. B., Sukhinin, S. V., Zhumadillayeva, A. K. Wave transmission and reflection from the boundary of phononic crystal homogeneous medium // Eurasian journal of mathematical and computer applications. – 2020. – Volume 8. – Issue 1. – P. 62–75.

2 Saimanova, Z. B., Sukhinin, S. V., Zhumadillayeva, A. K., Mukhametzhanova, A. O., Smagulova, A. S., Abildaeva, G. B. Acoustic method of quality control of two-component composite material // Applied Sciences. – 2021. – 11(24). <https://doi.org/10.3390/app112411594>.

3 Bao, J., Shi, Z. F., Xiang, H. J. Dynamic responses of a structure with periodic foundations // Journal of Engineering Mechanics. – 2012. – Vol. 138. – P. 761–769.

4 Saimanova, Z. B., Sukhinin, S. V., Zhumadillayeva, A. K. Fonondy kristalдар shekarasyndagy tolkyndardyn berilys men beineleneyi [Transmission and imaging of waves at the boundaries of phononic crystals] // Bulletin of KazNTU. – 2020. – №6(130). – P. 373–376.

5 Saimanova, Z. B., Sukhinin, S. V., Zhumadillayeva, A. K. Geterogendik ekikomponenttyn onimder kospasynyn kuramyn akustikaluk bakulau [Acoustic monitoring of the composition of a mixture of heterogeneous two-component products] // Bulletin of KazKKA. – 2020. – № 4(115). – P. 348–353.

6 Saimanova, Z. B., Sukhinin, S. V., Zhumadillayeva, A. K. Dubussinirgish Jane dubusshagulustyratyn materialdardy ontailandydy [Optimization of sound-

absorbing and sound-reflecting materials] // «КАНАК» STK news. – 2020. – № 4(71). – P. 42–48.

7 Saimanova, Z. B., Sukhinin, S. V., Zhumadillayeva, A. K. Kabatty gidrookshaylagish ortadagy akustikalyk tolkyndar [Acoustic waves in a layered waterproofing medium] // Young scientist International scientific journal. – 2020. – № 10(300). – P. 109–115.

8 Saimanova, Z. B., Sukhinin, S. V., Zhumadillayeva, A. K. Birtekty emes eki komponenttyn ortalarda akustikaluk zondtau adisterin azirley [Development of acoustic sensing methods in inhomogeneous two-component media] // Қылым Janeiro Bilim – 2020: mater. 15th nation. do it conf. – Nur-Sultan, 2020. – P. 668–672.

9 Konstantinov, A. P., Sukhinin, S. V., Yurkovskiy, V. S. Wave transmission and reflection at the boundary of phononic crystals // J. Phys. conf. ser. – 2017. – Vol. 894. – P. 012094-1-012094-7.

10 Gavrilyuk, S. L., Makarenko, N. I., Sukhinin, S. V. Waves in Continuous Media. – Cham : Springer International Publishing, 2017. – 141 p.

11 Brun, M., Movchan, A. B., Jones, I. S. Phononic band gap systems in structural mechanics : Finite slender elastic structures and infinite periodic waveguides // Journal of Vibration and Acoustics. – 2013. – Vol. 135. – P. 041013-1-041013-9.

12 Saimanova, Z. B., Sukhinin, S. V., Zhumadillayeva, A. K. Birtekty ortadagy shekara bolyinin bailanysy arkyly dirildy zhane akustikalyk tolkundardyn shagylyi zhane otyi [Reflection and transmission of vibration and acoustic waves through the contact of boundary separation in a homogeneous medium] // Innovative technologies, economics and management in industry: collection. 8th nation. do it conf. – Temirtau, 2021. – P. 83–89.

13 Saimanova, Z. B., Sukhinin, S. V., Zhumadillayeva, A. K. Geterogendik ortadagy akustikaluk ortalalar [Acoustic environments in heterogeneous environments] // To the 30th anniversary of the Independence of the Republic of Kazakhstan: collection. 11th nation. gy.-business. conf. «Innovative technologies and engineering». – Karaganda, 2021. – P. 364–368.

Accepted for publication on 15.12.23.

\*З. Б. Сайманова, Б. О. Мухаметжанова, Д. Ж. Каїбасова,  
Ә. К. Сейлишова, Да. Е. Сагатбекова  
Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті,  
Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.  
Басып шығаруға 15.12.23 қабылданды.

**БІРТЕКТІ ЕМЕС ДЫБЫС СІЦІРЕТИН МАТЕРИАЛДАРДЫ  
ОҢТАЙЛАНДЫРУДЫҢ БАҒДАРЛАМАЛАҮҚ  
ЖАСАҚТАМАСЫН ӘЗІРЛЕУ**

Мақалада тегіс акустикалық толқындардың еденге шексіз гетерогенділік жүйесіне түсүніп тұрақты процесін сипаттайтын және біртекті кеңістіктің шекараасында және біртектес емес бір олиемді периодты гетерогенділік жүйесінің жартастында толқындардың шагылысу және оту коэффициенттерін зерттеуге мүмкіндік беретін бір олиемді жұмықтауда математикалық модель жасалды. Әр түрлі орта комбинациялары үшін шагылысу және оту коэффициенттерін есептей багдарламасы жазылған. Жүйенің геометриялық параметрлерінің (гетерогенділік мөлшері) және жүйеге кіретін орталардың физикалық параметрлерінің (тығыздығы, дыбыс жылдамдығы) оту және шагылысу коэффициенттеріне әсері зерттелді. Бірқатар материалдар үшін параметрлердің оңтайлыш мәндері табылады.

Діріл мен Шудың негізгі козі онеркесіптік құрылышы және техникалық құрылымдар болып табылады. Адам омірінің қауіпсіздігі мен жайлышының арттыру мәселеін шешу қазіргі заманғы технологиялар мен технологияларды дамыту тұргысынан оте озекті міндет болып табылады.

Шу мен дірілді азайтудың негізгі әдісі- шу мен дірілдің адамның жұмыс аймагына таралуын болдырмайтын әртүрлі шу мен дірілдің сіңіретін материалдарды пайдалану. Жақында осындағы материалдар ретінде гетерогенді материалдар, яғни шу мен дірілдің таралу параметрлері өр түрлі ортадан тұратын материалдар қарқынды зерттелуде.

Жаңа шуды және дірілдің сіңіретін материалдарды әзірлеу үшін қазіргі уақытта гетерогенді ортадағы толқындық құбылыстарды зерттеуге, сондай-ақ басқарылатын шу/діріл оқшаулалыши және шуды/дірілдің сіңіретін қасиеттері бар сапалы композициялық гетерогенді материалдарды жобалауға арналған багдарламалық-аналитикалық құралдарды әзірлеу озекті және қажет.

Кілттің сөздер: багдарламалық жасақтама, коэффициенттерді есептей, математикалық модель, алгоритм, компьютер, дыбыс сіңіретін материалдар.

**\*Z. B. Saimanova, B. O. Mukhametzhanova, D. J. Kaibasova,  
E. K. Seipishova, D. E. Sagatbekova**

Abylkas Saginov Karaganda Technical University,  
Republic of Kazakhstan, Karaganda.

Accepted for publication 15.12.23.

**DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR OPTIMIZATION  
OF INHOMOGENEOUS SOUND-ABSORBING MATERIALS**

In the article, a mathematical model has been created, in a one-dimensional approximation, describing the steady-state process of falling plane acoustic waves on a semi-infinite system of inhomogeneities and allowing us to study the coefficients of reflection and passage of waves at the boundary of a homogeneous space and a semi-infinite one-dimensional periodic system of inhomogeneities. A program for calculating reflection and transmission coefficients for various combinations of media has been written. The influence of the geometric parameters of the system (the size of inhomogeneities) and the physical parameters of the media included in the system (density, speed of sound) on the transmission and reflection coefficients is studied. Optimal parameter values were found for a number of materials.

The main source of vibration and noise are industrial construction and technical structures. Solving the problem of improving the safety and comfort of human life is a very urgent task in terms of the development of modern technology and technologies.

The main method of noise and vibration reduction is the use of various noise- and vibration-absorbing materials that prevent the spread of noise and vibration into the human work area. Heterogeneous materials, that is, materials consisting of various media with different parameters of noise and vibration propagation, have recently been intensively studied as such materials.

For the development of new noise- and vibration-absorbing materials, it is currently urgent and necessary to develop software and analytical tools for the study of wave phenomena in heterogeneous media, as well as the design of high-quality composite heterogeneous materials with controlled noise/vibration insulating and noise/vibration absorbing properties.

**Keywords:** software, coefficient calculation, mathematical model, algorithm, computer, sound-absorbing materials.

\*С. Н. Талипов

Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

\*e-mail: [talipovsn@gmail.com](mailto:talipovsn@gmail.com)

## ВЫБОР ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ И ФРЕЙМВОРКА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ДЕСКТОПНЫХ КРОССПЛАТФОРМЕННЫХ ПРОГРАММ

Цель в данной статье исследовать и определить, какой из современных языков программирования и графических фреймворков лучше всего подходит для создания десктопных кроссплатформенных программ, т. к. в мире широко используются компьютеры не только с Windows, но и с Linux, macOS. В начале было проанализировано, на чем написаны современные программы под Windows. Для анализа были взяты распространённые программы на стандартном рабочем месте разработчика программного обеспечения (ПО). Сигнатурный анализ показал, что 90 % программ написаны на C++ в Visual Studio с помощью компилятора Microsoft, остальные 10 % делают поровну между собой языки C# и Delphi. Анализ использования кроссплатформенных графических фреймворков показал, что только 15 % программ их используют, и это говорит о том, что многие разработчики ПО не заинтересованы в использовании их программ в других операционных системах, кроме Windows. Три выявленных кроссплатформенных графических фреймворков имеют равный процент использования, т. е. нет явного лидера среди них. Использование фреймворка Qt платно для коммерческого использования и очень дорого, т. к. нужно платить за лицензии как всем разработчикам ПО, так и за использование в каждом устройстве для встраиваемого ПО. Фреймворк Electron при своей бесплатности и кроссплатформенности имеет существенные недостатки: ресурсоемкость, размер приложений, ограниченный доступ к системным ресурсам и ограниченная поддержка для нативных функций. Кроссплатформенный фреймворк wxWidgets лишён всех вышеперечисленных недостатков, дает нативный интерфейс приложениям, которые также получаются нативными под конкретную операционную систему. Таким образом, в результате выявлено, что наилучшим выбором для разработки современного

кроссплатформенного ПО является язык программирования C++ и графический кроссплатформенный фреймворк wxWidgets.

**Ключевые слова:** программное обеспечение, язык программирования, программный код, фреймворк, графический интерфейс, консольная программа.

### Введение

В настоящее время в мире широко используются компьютеры не только с Windows, но и с Linux, macOS. Поэтому современный разработчик программного обеспечения должен делать программы, рассчитанные на все основные операционные системы (ОС), чтобы охватить весь рынок пользователей.

Поэтому разработчику изначально очень важно выбрать правильный язык разработки программного обеспечения и дополнительные фреймворки для создания графического интерфейса у программ.

### Материалы и методы

Для начала проанализируем с помощью анализатора программного кода Detect-It-Easy [4] на чем написаны современные программы под Windows. Для конкретного анализа возьмем 20 распространённых программ на стандартном рабочем месте разработчика программного обеспечения (ПО).

Результат проведенного сигнатурного анализа программ приведен в таблице 1:

Таблица1 – Результат сигнатурного анализа программ

№	Название ПО	Основной язык разработки			Фреймворк		
		C++	C#	Delphi	Qt	wxWidgets	Electron
	Acrobat Reader	VS2019					
	Far Manager	VS2019					
	GetScreen	VS2022					
	Java	VS2022					
	Macrium Reflect	VS2017					
	Microsoft Office 365	VS2022					
	Microsoft OneDrive	VS2022					
	Visual Studio 2022	VS2022					
	MySQL Server	VS2019					

	MySQL Workbench		.NET4			
	Python	VS2022				
	qBittorrent	VS2022		+		
	TeamViewer	VS2019				
	WinDjView	VS2013				
	Windows Media	VS2022				
	WinRAR	VS2022				
	FastStone Image Viewer		Delphi 6			
	Jutoh	VS2010		+		
	Kaspersky Antivirus	VS2019				
	Microsoft Edge	VC++16				+
Итого:		18	1	1	1	1

Сигнатурный анализ ПО показал, что 18 программ из 20 написаны на C++ [2], а это 90 %. Остальные 10 % делят поровну между собой языки C# [1] и Delphi [3]. Это говорит о том, что практически все приложения разрабатываются на C++ в среде разработки Visual Studio [8] с помощью компилятора Microsoft.

Анализ использования кроссплатформенных графических фреймворков показал, что только три программы их используют, а это всего 15%. Это говорит о том, что многие производители ПО не заинтересованы в использовании их программ в других ОС, кроме Windows. Причем три фреймворка имеют равный процент использования, т.е. нет явного лидера среди них.

Использование фреймворка Qt [7] платно для коммерческого использования и очень дорого, т.к. нужно платить за лицензии как всем разработчикам ПО, так и использование в каждом устройстве для встраиваемого ПО. Поэтому данный фреймворк не подходит для небольших компаний и индивидуальных разработчиков.

Фреймворк Electron [6] при своей бесплатности и кроссплатформенности имеет существенные недостатки: ресурсоемкость, размер приложений, ограниченный доступ к системным ресурсам и ограниченная поддержка для нативных функций. Поэтому его нецелесообразно использовать.

Кроссплатформенный фреймворк wxWidgets [10] лишен всех вышеперечисленных недостатков, дает нативный интерфейс приложениям, которые также получаются нативными под конкретную операционную

систему. Фреймворк wxWidgets позволяет разрабатывать программы не только на C++, но и на wxPython [9].

### Результаты и обсуждение

Таким образом, анализ показал, что наилучшим выбором для разработки современного кроссплатформенного ПО является язык C++ и графический фреймворк wxWidgets.

Рассмотрим, как правильно нужно делать программу на C++ для кроссплатформенного использования с wxWidgets на примере консольной программы [11].

Простейший код, работающий для Windows:

```
#include <climits>
#include <iostream>
using namespace std;
int main() {
    setlocale(LC_ALL, "Russian");
    string fio;
    cout << "Введите строку: ";
    cin >> fio;
    cout << "Вы ввели: " << fio << endl;
}
```

Данный код будет непригоден для использования интернациональных символов UTF-8 [13], например, китайских иероглифов, вместо них будут выводиться знаки вопроса. Зато под Linux данный код будет работать нормально.

Чтобы вышеприведенная программа стала работоспособна и под Windows и под Linux, нужно использовать теги условной компиляции, широкие строки для хранения данных и соответствующие функции для работы с ними. А также не забывать переключать консоль Windows в режим поддержки кодировки UTF-8.

Универсальный правильный код будет такой:

```
#include <stdlib.h>
#include <iostream>

#ifndef _WIN32
#include <io.h>
#include <fcntl.h>
```

```
#endif

int main(int argc, char** argv) {
    setlocale(LC_ALL, "ru_RU.UTF-8");

#ifdef _WIN32
    _setmode(_fileno(stdout), _O_U16TEXT);
    _setmode(_fileno(stdin), _O_U16TEXT);
    _setmode(_fileno(stderr), _O_U16TEXT);
#endif

    std::wcout << L"Введите строку: ";
    std::wstring fio;
    std::wcin >> fio;
    std::wcout << L"Вы ввели: " << fio << std::endl;
}
```

Если мы захотим сделать эту программу с локализацией под разные языки и страны, то нужно использовать фреймворк wxWidgets, т. к. в нем уже есть встроенные механизмы локализации и интернационализации.

Интернационализированный кроссплатформенный программный код будет таким:

```
#include <wx/wx.h>

#ifdef _WIN32
#include <io.h>
#include <fcntl.h>
#endif

int main(int argc, char** argv) {
    wxApp MyApp;
    wxInitializer initializer(argc, argv);
    wxLocale m_locale;
    setlocale(LC_ALL, "ru_RU.UTF-8");
    m_locale.AddCatalogLookupPathPrefix(wxT("locale"));
    m_locale.AddCatalog(wxT("en"));
    m_locale.AddCatalog(wxT("de"));
    m_locale.AddCatalog(wxT("kk"));
    m_locale.Init(wxLANGUAGE RUSSIAN);
```

```
#ifdef _WIN32
    _setmode(_fileno(stdout), _O_U16TEXT);
    _setmode(_fileno(stdin), _O_U16TEXT);
    _setmode(_fileno(stderr), _O_U16TEXT);
#endif

    wxPrintf(wxGetTranslation(L"Введите имя: "));
    std::wstring fio;
    std::getline(std::wcin, fio);
    wxPuts(wxGetTranslation(L"Вы ввели: ") + fio);
    MyApp.Exit();
}
```

Для разработки современных кроссплатформенных программ с графическим интерфейсом [12] на языке C++ и wxWidgets проще всего использовать интегрированную среду разработки (IDE) DialogBlocks [5] совместно с Visual Studio 2022. В DialogBlocks создается интерфейс программы и программный код, который синхронно можно редактировать в Visual Studio 2022. Использование Visual Studio 2022 позволяет использовать ее компилятор C++, анализаторы и помощники кода. В самой программе нужно максимально задействовать встроенные в wxWidgets типы данных, классы, функции и методы для кроссплатформенности и независимости от конкретной ОС.

Рассмотрим простейшую визуальную кроссплатформенную программу деления двух цифр. Ее интерфейс в DialogBlocks и элементы графического интерфейса приведены на рисунке 1.

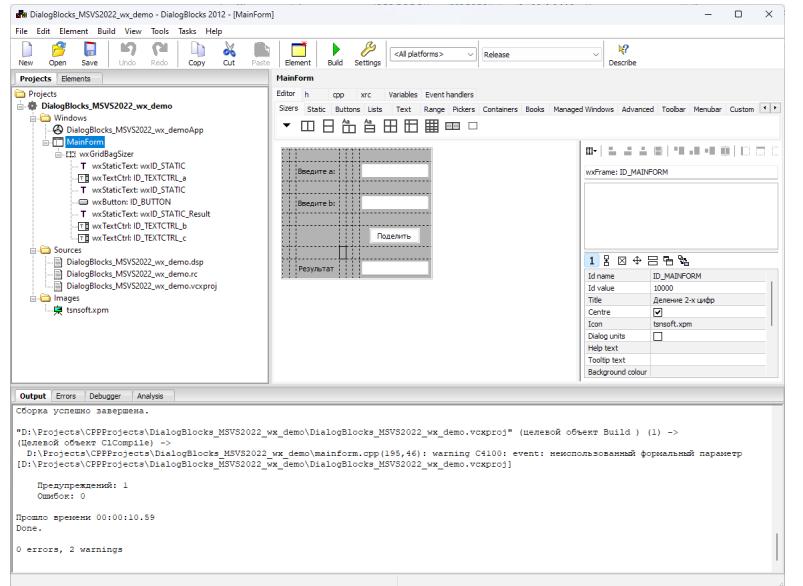


Рисунок 1 – Интерфейс программы в DialogBlocks

Если программу скомпилировать и запустить в Window 11, то она примет вид, показанный на рисунке 2:

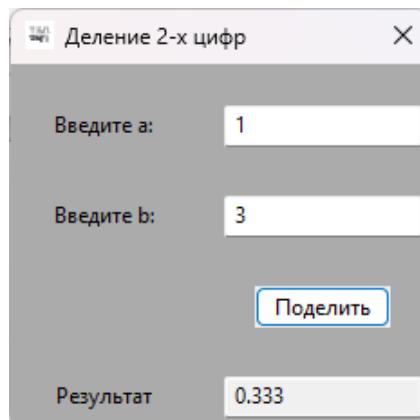


Рисунок 2 – Вид программы в Windows 11

Если программу скомпилировать и запустить в Linux Ubuntu 22, то она примет вид, показанный на рисунке 3:

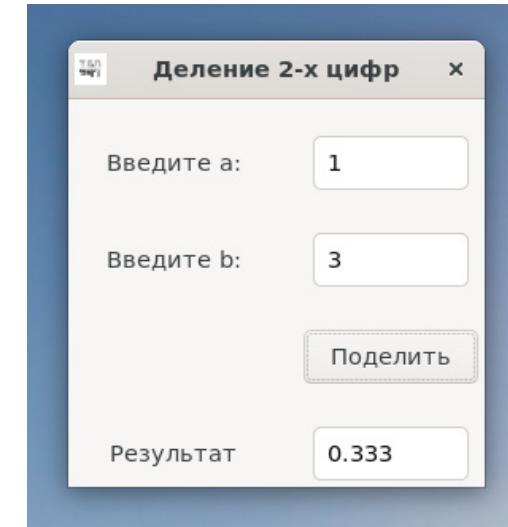


Рисунок 3 – Вид программы в Ubuntu 22

Как видно из рисунка 2 и рисунка 3, программа в каждой ОС выглядит по-своему, нативно для этой среды.

Фрагмент кода, отвечающий за сам алгоритм вычисления, такой:

```
void MainForm::OnButtonClick(wxCommandEvent& event) {
    double a, b;
    wxTextCtrl* itemTextCtrl1 = (wxTextCtrl*)FindWindow(ID_TEXTCTRL_a);
    wxTextCtrl* itemTextCtrl2 = (wxTextCtrl*)FindWindow(ID_TEXTCTRL_b);
    wxTextCtrl* itemTextCtrl3 = (wxTextCtrl*)FindWindow(ID_TEXTCTRL_c);
    if (!itemTextCtrl1->GetValue().ToDouble(&a)) {
        wxMessageBox(wxT("а не число!")); return;
    }
    if (!itemTextCtrl2->GetValue().ToDouble(&b)) {
        wxMessageBox(wxT("б не число!")); return;
    }
```

```
double c = a / b;
if (isnan(c) || isinf(c)) {
    wxMessageBox(wxT(«результат не число!»)); return;
}
itemTextCtrl3->SetValue(wxString::Format(wxT("%%0.3f"), c));
}
```

## Выводы

В заключении хочется отметить, что кроме языка C++ и wxWidgets в настоящее время больше нет способов создавать нативные бесплатные кроссплатформенные десктопные программы. Языки Java, C# и wxPython не делают нативных программ, Delphi и Qt делают, но они очень дороги.

Поэтому необходимо язык C++ и фреймворк wxWidgets активно изучать и использовать в разработке современного ПО.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 C Sharp [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/C\\_Sharp](https://ru.wikipedia.org/wiki/C_Sharp)

2 C++ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/C%2B%2B>

3 Delphi 12 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.embarcadero.com/ru/products/delphi>

4 Detect-It-Easy [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://github.com/horsicq/Detect-It-Easy>

5 DialogBlocks [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.anthemion.co.uk/dialogblocks/>

6 Electron [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.electronjs.org/>

7 Qt [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.qt.io/>

8 Visual Studio 2022 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://visualstudio.microsoft.com>

9 wxPython [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://wxpython.org/>

10 wxWidgets [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.wxwidgets.org/>

11 Консольные приложения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Console\\_application](https://en.wikipedia.org/wiki/Console_application)

12 Оконный интерфейс [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Оконный\\_интерфейс](https://ru.wikipedia.org/wiki/Оконный_интерфейс)

13 Юникод [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Юникод>

Принято к изданию 15.12.23

## REFERENCES

1 C Sharp [Electronic resource]. – Access mode: [https://ru.wikipedia.org/wiki/C\\_Sharp](https://ru.wikipedia.org/wiki/C_Sharp)

2 C++ [Electronic resource]. – Access mode: <https://ru.wikipedia.org/wiki/C%2B%2B>

3 Delphi 12 [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.embarcadero.com/ru/products/delphi>

4 Detect-It-Easy [Electronic resource]. – Access mode: <https://github.com/horsicq/Detect-It-Easy>

5 DialogBlocks [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.anthemion.co.uk/dialogblocks/>

6 Electron [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.electronjs.org/>

7 Qt [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.qt.io/>

8 Visual Studio 2022 [Electronic resource]. – Access mode: <https://visualstudio.microsoft.com>

9 wxPython [Electronic resource]. – Access mode: <https://wxpython.org/>

10 wxWidgets [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.wxwidgets.org/>

11 Console applications [Electronic resource]. – Access mode: [https://en.wikipedia.org/wiki/Console\\_application](https://en.wikipedia.org/wiki/Console_application)

12 Graphical user interface [Electronic resource]. – Access mode: [https://en.wikipedia.org/wiki/Graphical\\_user\\_interface](https://en.wikipedia.org/wiki/Graphical_user_interface)

13 Unicode [Electronic resource]. – Access mode: <https://en.wikipedia.org/wiki/Unicode>

## \*С. Н. Талипов

Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.  
Басып шығаруға 15.12.23 кабылданды.

**ЖҰМЫС ҮСТЕЛІ КРОСС-ПЛАТФОРМАСЫ  
БАГДАРЛАМАЛАРЫН ЖАСАУФА АРНАЛҒАН  
ҚҰРАЛДАР МЕН НЕГІЗДЕРДІ ТАҢДАУ**

Бұл мақаланың мақсаты қазіргі заманғы багдарламалар  
тілдері мен графикалық негіздердің қайсысы жұмыс үстелінің

кросс-платформалық бағдарламаларын жасауға ең қолайлы екенин зерттеу және анықтау болып табылады, себебі компьютерлердегі Windows жүйесімен гана емес, Linux және macOS-пен де кеңінен қолданылады. Басында Windows үшін қандай заманауи бағдарламалар жазылғанын талдадық. Талдау үшін біз стандартты бағдарламалық жасақтама өзірлеуінің жұмыс станциясында ортақ бағдарламаларды қабылдадық. Колтаңба талдауды корсеткендей, бағдарламалардың 90 %-ы Visual Studio-да Microsoft компиляторын пайдаланып C++ жазылса, қалған 10 %-ы C# және Delphi арасында тең болынген. Кросс-платформалық графикалық қаңқаларды пайдалануды талдау оларды бағдарламалардың тек 15%-ы гана пайдаланатынын корсетті, бұл көптеген бағдарламалық жасақтама өзірлеушілердің windows-тан басқа операциялық жүйелерде оз бағдарламаларын пайдалануға мүдделі емес екенин корсетеді. Анықталған үш кросс-платформалық графикалық негіздің пайдалану пайызы тең, яғни олардың арасында нақты коибасшы жсок. Qt шеңберін пайдалану коммерциялық пайдалану үшін толенеді және оте қымбат, себебі барлық бағдарламалық жасақтаманы өзірлеушілер үшін де, ендірілген бағдарламалық жасақтама үшін әр құрылғыда пайдалану үшін де лицензиялар үшін ақы толеу қажет. Электрон шеңберін өзінің еркін және кросс-платформалық сипатына қарастын елеулі кемшиліктеге ие: ресурстардың қарқындылығы, қолданумолшері, жүйе ресурстарына шектеулі қолжетімділік, сондай-ақ туган функцияларды қолдаудың шектеулілігі. WxWidgets кросс-платформасының шеңбері жоғарыда корсетілген барлық кемшиліктерден ауытқыган, ол сондай-ақ белгілі бір операциялық жүйе үшін туган болып шығатын қосыншаларга туган интерфейс береді. Сойтін, осы заманғы кросс-платформалық бағдарламалық қамтамасыз етуді дамыту үшін ең жақсы таңдау C++ бағдарламалар тілі және WxWidgets графикалық кросс-платформа шеңбері екенин анықталды.

Кілтті создер: бағдарламалық жасақтама, бағдарламалау тілі, программа коды, шеңбер, графикалық интерфейс, консольдық бағдарлама.

\*S. N. Talipov

Toraigyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

Accepted for publication 15.12.23

## SELECTION OF TOOLS AND FRAMEWORK TO CREATE DESKTOP CROSS-PLATFORM PROGRAMS

The purpose of this article is to investigate and determine which of the modern programming languages and graphical frameworks is best suited for creating desktop cross-platform programs, because computers are widely used in the world not only with Windows, but also with Linux, macOS. At the beginning, it was analyzed what modern programs for Windows are written on. For the analysis, common programs were taken at the standard workplace of a software developer (software). Signature analysis showed that 90 % of programs are written in C++ in Visual Studio using the Microsoft compiler, the remaining 10 % are divided equally between the C# and Delphi languages. An analysis of the use of cross-platform graphics frameworks showed that only 15 % of programs use them, and this suggests that many software developers are not interested in using their programs in other operating systems other than Windows. The three identified cross-platform graphics frameworks have an equal percentage of usage, i.e. there is no clear leader among them. The use of the Qt framework is paid for commercial use and is very expensive, because you need to pay for licenses both for all software developers and for use in each device for embedded software. The Electron framework, despite its free and cross-platform nature, has significant drawbacks: resource intensity, application size, limited access to system resources and limited support for native functions. The wxWidgets cross-platform framework is devoid of all the above disadvantages, it gives a native interface to applications that are also native for a specific operating system. Thus, as a result, it was revealed that the best choice for the development of modern cross-platform software is the C++ programming language and the wxWidgets graphical cross-platform framework.

**Keywords:** software, programming language, program code, framework, graphical interface, console program.

**СЕКЦИЯ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА»**

ГТАМР 27.35.31

<https://doi.org/10.48081/DLRG9115>

**\*Н. А. Испулов<sup>1</sup>, Ж. Д. Оспанова<sup>2</sup>,**  
**М. М. Капенова<sup>1</sup>, М. Ж. Султанова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

<sup>2</sup>Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,

Қазақстан Республикасы, Астана қ.

\*e-mail: [nurlybek\\_79@mail.ru](mailto:nurlybek_79@mail.ru)

**ИЗОТРОПТЫ ЖӘНЕ АНИЗОТРОПТЫ ОРТАЛАР  
ШЕКАРАЛАРЫНДАҒЫ ТЕРМОСЕРПІМДІ  
ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ШАҒЫЛУ – СЫНУ  
КОЭФФИЦИЕНТТЕРІ ТУРАЛЫ**

Жұмыстың мақсаты термосерпімді орта моделін зерттеуге арналған қозғалыс тәңдеулерімен және жылу ағынының тәңдеуі, Фурье жылуоткізгіштігінің тәңдеуі және Дюгамель – Нейман қатынастарымен байланысқан фундаменталды шешулердің құрылымын құру; толқындардың түрлерін талдау және олардың озара трансформациясын жіктеу. Изотропты және анизотропты орталар шекараларындағы термосерпімді толқындардың шагылу – сыну коэффициенттерін профессор С. К. Тлеуkenов және оның шекірттері құрастырган матрицалық өдісінің комегімен есептегендегі болып табылады. Ол үшін тегіс орталар динамикасының теориялық және қосымша мөселелерінің бірқатарының шешілүі физикалық-механикалық қасиеттердің анизотропиясы мен біртексіздігінің толық есепке алынуын талап етеді. Анизотроптың орталарда толқынды процестер талдауының басты ерекшелігі осы есептерде физикалық ұсныымдар мен изотропты орталар үшін жасалған математикалық аппараттың принципті түрде қолдануға келмейтіндігінде. Бұл толқындық орістің тұра және кері толқындарга боліне алмайтындығына байланысты. Екінші бір басты қыындығы физикалық-механикалық олшемдердің тым көп болуында, сондықтан негізгі тоуелділіктер мен дифференциалдық тәңдеулер жазылды, термосерпімділік тәңдеулерін шешудің бірнеше өдістерінің ішінен ең қолайлышын таңдау қажет болды.

Матрицант өдісінің негізгі принципталды жетістігі бірнеше физикалық эффектінің болуы кезінде толқындық процестерді сипаттау біркелкілігі болып табылады.

Жұмыс барысында біріншіден, матрицант өдісімен изотропты және анизотропты орталар шекараларындағы термосерпімді толқындардың шагылу-сыну коэффициенттерін анықтау есебі аналитикалық түрде шыгарылды. Қарастырылған процесте орын алғатын, және сақталу заңдарын қамтамасыз ететін инварианттық қатынастар алынды. Анизотропты орталардагы байланысқан жылулық және серпімді толқындардың таралуына матрицант өдісі қолданылды.

Кілтті сөздер: изотропты орта, анизотропты орта, жылу тәңдеулері, жылу ағыны, термосерпімді толқындар, термосерпімділік, матрицант өдісі.

**Кіріспе**

Термомеханикалық эффектілі серпімді орталарда толқындық процестердің заңдылықтарын зерттеудің өзектілігі геофизиканың, сейсмологияның, композитті материалдар механикасының және т.б. теориялық және қолданбалы есептерін шешу қажеттілігімен байланысты. Байланысқан қозғалыс тәңдеулері және жылуоткізгіштік тендеулері құрделілігімен және физикалық – механикалық параметрлерінің көптігімен ерекшеленеді. Осыған байланысты деформацияланатын қатты дене механикасының бөлімі – термосерпімділік теориясының бу және газ турбиналы, реактивті және ракета қозғалтышты, жоғары жылдамдықты ұшактар, ядролық реакторлар мен және т.б. жана құрылымды жасап шыгару кезінде туындастын, маңызды мәселелері интенсивті дамуда. Бұл бағыт нақты кристалдардың белгілі бір физикалық қасиеттерін және жасанды жолмен алынған қышты қолдануға сүйене отырып, байланысқан жылулық және механикалық өрістер механикасын зерттейді [1].

Біртексіздік және анизотропия нақты орталардың анағұрлым таралған қасиеттері болып табылады. Кристалдардағы, яғни бірқатар физикалық қасиеттер анизотропты орталардағы толқындық құбылыстар изотропты жағдаймен салыстырғанда анағұрлым құрделірек заңдылықтармен сипатталады.

Осыған байланысты біртекті және изотропты орталары үшін көрнекті және эффективті тегіс толқындар өдісі анизотропты орталар жағдайында құрделі болып шықты. Пайдаланылып жүрген толқындық процестерді зерттеудің аналитикалық өдістері көбінесе изотропты орталар үшін және жоғары симметриялы орталар үшін қолданылады. Анизотропты орта

жағдайында бұл әдістер қажетті сандық және сапалық нәтижелерге әкелмейді, немесе осы әдістер негізінде алынған шешулердің пайдасы шамалы.

Сәйкесінше, зерттеу әдістерінің дамуын және анизотропты орталардагы толқындардың касиеттері туралы түсініктің қалыптасуын деформацияланатын қатты дene механикасының алдыңғы қатарлы және актуалды міндеттері деп есептеуге болады.

### Материалдар мен әдістер

Жұмыстың зерттеу әдісі – аналитикалық. Ол фундаменталды шешімдердің нормаланған матрицалар құрылымын жасауға негізделген.

Матрицант әдісі негізінде жасалған теориялық есептеулер, бұл бірынғай түрғыдан толқындардың кең кластағы ортада жайылуын қарастыруға мүмкіндік береді.

Матрицант әдісінің негізгі принципиалды жетістігі бірнеше физикалық эффектінің болуы кезінде толқындық процестерді сипаттау біркелкілігі болып табылады: термосерпімді, магниттік серпімді, пьезоэлектрлік және магнитоэлектрлік, пьезомагниттік және магнитоэлектрлік эффектілер енбегінің авторлары магниттік серпімді толқындардың магниттік реттелген текшелік кристалда таралу жағдайында коэффициенттер матрицасының құрылымын алды; берілген коэффициенттер матрицасынан спиндік және серпімді толқындардың байланысы және өзара трансформациясы анықталды [2].

Термосерпімді орта моделін зерттеуге арналған қозгалыс теңдеулерімен және жылу ағынының теңдеуі, Фурье жылуоткізгіштігінің теңдеуі және Дюгамель – Нейман қатынастарымен байланысқан фундаменталды шешулердің құрылымын құру; толқындардың түрлерін талдау және олардың өзара трансформациясын жіктеу бұл жұмыстың мақсаты болып табылады. Изотропты және анизотропты орталар шекараларындағы термосерпімді толқындардың шағылу – сыну коэффициенттерін профессор С. К. Тлеуекенов және оның шәкірттері құрастырган матрицалық әдісінің көмегімен есептelenеді [3–4].

Анизотропты және изотропты шекараларындағы термосерпімді толқындардың шағылу – сыну коэффициенттерін сипаттайтын теңдеулердің толық жүйесін келтіру керек. Изотропты және анизотропты орта шекараларында термосерпімді толқындардың шағылу және сыну коэффициенттерін анықтау есебін аналитикалық түрде шығару керек [5–6].

Соңғы уақытта термосерпімділік теориясы бу және газды турбинді, реактивті және ракетті қозгалтқышты, жоғары жылдамдықты ұшақтар, ядролық реакторлар мен және т.б. жана құрылымды жасап шығару кезінде туындастын, маңызды мәселелерге байланысты мәнді дамуды қабылдады. Бұл құрылымдардың элементтері элемент бөліктерінің біркелкі емес жылу кеңеоімен шыгарылатын, температура градиенті пайда болып және

материалдардың физико-механикалық құрылымы өзгеретін, бірқалыпты емес стационарлы емес қызыду шарттары негізінде жұмыс істейді [7–8].

Жалпы жағдайда бірқалыпты емес жылулық кеңеоі тұтас денеде бос жүзеге аспайды; ол жылу кернеуін туындалады (термиялық, температуралық). Жылу кернеуінің жұмыс жасау сипаты мен көлемін білу құрылымның беріктілігін жан-жақты талдау үшін қажет [9].

Жылу кернеуі өз-өздігінен және сыртқы күштен механикалық кернеумен сәйкес келуі, жарықтардың пайда болуына және жоғарлатылған морттық материалынан құрылымның кирауына әкелуі мүмкін. Кейір материалдар кернеудің тез пайда болуы негізінде меңгерілген іс-әрекетпен тез стационарлы емес, температуралық жазықтық морттыққа айналады да және жылу сокқысын көтере алмайды. Жылу кернеуінің қайталаған іс-әрекеттері құрылым элементтерінің термошарша кирауына әкеледі. Жылу кернеуінің іс-әрекеттері құрылымның толық және прогрессивті бұзылуына әкеп соғатын, маңызды пластикалық деформацияны қажет етуі мүмкін [10].

### Нәтижелер және талқылау

Изотропты орталарда серпімді толқындардың таралуы

Изотропты орта  $\lambda, \mu$  екі серпімді параметрлермен сипатталады.

Z осі бойында у осі бойымен поляризацияланған көлденең толқын таралатын біртексіз ортаны қарастырайық. Таралу жазықтығы  $xz$ .

Қозгалыс теңдеуі келесі түрде болады

$$\frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad (1)$$

$$\tau_{yz} = \mu \frac{\partial u}{\partial z}; \quad \tau_{xy} = \mu \frac{\partial u}{\partial x}$$

Гармоникалық толқындар жағдайында

$$u(x, y, z) = u(z) \exp[i(\omega t - kx)] \quad (2)$$

ұсынып, айнымалыларды бөлу әдісін қолданамыз.

(2) теңдеуін ескере отырып (1) теңдеуі келесідей болады

$$\frac{d}{dz} \mu \frac{du}{dz} + (\omega^2 \rho - k^2 \mu) u = 0 \quad (3)$$

$V$  функциясын енгізейік

$$\frac{du}{dz} = \frac{\omega v}{\mu} \quad (4)$$

Бұл функцияны енгізу (1) тендеуін бірінші ретті тендеулер жүйесіне келтіруге мүмкіндік береді.

$$\frac{du}{dz} = \frac{\omega}{\mu} v; \quad \frac{dv}{dz} = -\omega \left( \rho - \frac{1}{c^2} \mu \right) u$$

Бұл тендеулерді матрицалық түрде жазайық

$$\frac{d\vec{W}}{dz} = B\vec{W} \quad (5)$$

$$\vec{W} = \{u, v\}^t$$

Сонымен  $B$  матрицасы  $SH$  толқындарының поляризациясы жағдайында келесі түрде болады

$$B = \begin{bmatrix} 0 & b_{12} \\ b_{21} & 0 \end{bmatrix}; \quad b_{12} = \frac{\omega}{\mu}; \quad b_{21} = -\omega \left( \rho - \frac{1}{c^2} \mu \right) \quad (6)$$

Вертикал поляризациялы толқындарының жазық таралуы келесі тендеулермен сипатталады

$$\frac{\partial \sigma_{ZZ}}{\partial z} + \frac{\partial \sigma_{XZ}}{\partial x} = \rho \frac{\partial^2 u_Z}{\partial t^2} \quad (7)$$

$$\frac{\partial \sigma_{XZ}}{\partial z} + \frac{\partial \sigma_{XX}}{\partial x} = \rho \frac{\partial^2 u_X}{\partial t^2}$$

Кернеу тензорының компоненттері Гук занымен беріледі

$$\sigma_{ij} = \lambda \theta \delta_{ij} + 2\mu \varepsilon_{ij}; \quad \theta = \frac{\partial u_Z}{\partial z} + \frac{\partial u_X}{\partial x}; \quad \varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i}) \quad (8)$$

Гармоникалық тендеулер жағдайында (7) тендеуінің қатынасындағы анықтаушытарын бірінші ретті (1.1.8) тендеулеріне келтіруге болады

$$\frac{d\vec{W}}{dz} = B\vec{W}; \quad \vec{W} = \{u_Z, \sigma_{ZZ}, u_X, \sigma_{XZ}\}' \quad (9)$$

В түріндегі матрица құрылымымен

$$B = \begin{bmatrix} 0 & b_{12} & b_{13} & 0 \\ b_{21} & 0 & 0 & b_{24} \\ b_{24} & 0 & 0 & b_{34} \\ 0 & b_{13} & b_{43} & 0 \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$b_{12} = \frac{1}{\lambda + 2\mu}; \quad b_{13} = b_{42} = \frac{i\lambda k}{\lambda + 2\mu}; \quad b_{21} = -\omega^2 \rho; \quad b_{24} = ik; \quad b_{34} = \frac{1}{\mu};$$

$$b_{43} = -\omega^2 \rho + \frac{4k^2 \mu(\lambda + \mu)}{\lambda + 2\mu};$$

(10) тендеуіндегі төртеуінен айнымалыларды бөлу әдісін қолдану арқылы (7) екі тендеуі шықса, ал қалған екі тендеу (8) қатынасынан шыгады. В матрицасының құрылымы анизотропты орталарда таралатын толқындарды сипаттайтын матрица құрылымымен сәйкес келеді.

Біртекесіз орталардағы көлемдік толқындар жағдайында  $b_{ij}$  элементтері келесі формулалармен анықталады

$$b_{12} = \frac{1}{\lambda + 2\mu}; \quad b_{13} = \frac{imk}{\lambda + 2\mu}; \quad b_{15} = \frac{in\lambda}{\lambda + 2\mu}; \quad b_{21} = -\omega^2 \rho; \quad b_{24} = im; \quad b_{26} = in;$$

$$b_{34} = \frac{1}{\mu}; \quad b_{43} = n^2 \mu + \frac{4m^2 \mu(\lambda + \mu)}{\lambda + 2\mu} - \omega^2 \rho; \quad b_{45} = mn\mu + \frac{3\lambda + 2\mu}{\lambda + 2\mu};$$

$$b_{65} = m^2 \mu + \frac{4n^2 \mu(\lambda + \mu)}{\lambda + 2\mu} - \omega^2 \rho;$$

Жартылай шектелген және шектелмеген орталар жағдаларында мақсатты түрде потенциалды түрді қолдану, шағылу және сыну есептеріне сәйкес келетін шекаралық шарттарды қоюға байланысты.

Үздіксіз біртексіз қабатты қабат асты байланыстарында кернеу мен ығысу үздіксіздігі шартын қабылдап, оны біртекті қабат асты жүйе деп елестетейік. Онда  $n$ -ші қабат асты козғалыс тендеуі мен  $n$ -ші және  $(n-1)$  қабат асты байланыстары келесі түрде болады:

$$\frac{d^2 u_n}{dz^2} + k_n^2 u_n = 0 \quad d_n \leq z \leq d_{n+1} \quad (12)$$

$$\tau_{YZ}^{(n)} = \tau_{YZ}^{(n+1)}; \quad u_n = u_{n+1}; \quad z = d_{n+1} \quad (13)$$

Мұндағы  $d_n$  -  $n$ -ші қабат астының координата басы;

$$u_n^2 = \frac{\omega^2 \rho_n}{\mu_n}; \quad \mu_n = \mu(d_n); \quad \rho_n = \rho(d_n)$$

(11) теңдеуінің жалпы шешуі белгілі:

$$u_n = [a_n e^{-ik_n z} + b_n e^{ik_n z}] \quad d_n \leq z \leq d_{n+1} \quad (14)$$

Соңғы нәтиже

$$B_\phi = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{12} & \bar{b}_{11} \end{pmatrix}; \quad b_{11} = -\left[ \frac{1}{4} \frac{(\mu\rho)'}{\mu\rho} - i\omega \sqrt{\frac{\rho}{\mu}} \right]; \quad b_{12} = \frac{1}{4} \frac{(\mu\rho)'}{\mu\rho}$$

Штрих  $z$  бойынша дифференциалдауды білдіреді.  $\vec{W} = [a, b]$  векторы түсінен және шағылған толқындардың амплитудаларынан құралған.

Толқындардың шағылу-сыну есептерінің матрицалық құрылымы

Термосерпімділік серпімділік және жылуоткізгіштік теориясының жалпыламасы бола отырып, кең құбылыстарды сипаттайтын. Принципиалды ең негізгі температура мен деформация өрістерінің байланыстырылығы болып табылады.

Екі біртекті анизотропты кеңістіктер шекарасы болып  $z=0$  жазықтығы алынсын. Бұл орталардағы түзу және кері толқындар ( $T^+$ ) түзу және ( $T^-$ ) кері толқын матрицанттары түрінде беріледі. Бірінші орта матрицанттарын  $T_1^+$  және  $T_1^-$  арқылы белгілесек, екінші ортаның түзу толқындар

матрицанттын  $T_2^+$  арқылы белгілейік. Берілген есептің матрицалық шешімі мен құрылымы келесіге әкеп соғады.

Түсінен, шағылған және сынған толқындар келесі түрде беріледі:

$$\vec{w}_m = T_1^+ \vec{w}_0 \quad (15)$$

$$\vec{w}_{uu} = T_1^- \vec{w}_r \quad (16)$$

$$\vec{w}_{c_{syn}} = T_2^+ \vec{w}_t \quad (17)$$

Мұндағы  $\vec{w}_m$ ,  $\vec{w}_{uu}$ ,  $\vec{w}_{c_{syn}}$  векторлары  $u_z$ ,  $u_x$ ,  $u_y$  ортаның ығысу нүктелері,  $\sigma_{zz}$ ,  $\sigma_{xz}$ ,  $\sigma_{yz}$  кернеу тензоры компоненттері мен  $\theta$ ,  $q_z$  жылулық өріс компоненттерінен құралған;  $T_1^+$ ,  $T_1^-$  және  $T_2^+$  сәйкес келетін матрица коэффициенттері арқылы анықталады, яғни ортаның физика-механикалық параметрлері, жиілігі және толқындық векторларының  $x$ ,  $y$  компоненттерінен құралған;  $\vec{w}_0$  - түсінен толқындардың амплитудаларын анықтайдын вектор;  $\vec{w}_r$  - шағылған толқындардың амплитудаларын анықтайдын вектор;  $\vec{w}_t$  - сынған толқындар амплитудаларын анықтайдын вектор.

Шекарада келесі шарттар орындалуы керек:

$$\vec{w}_m(0) = T_1^+(0) \vec{w}_0 = \vec{w}_0 \quad (18)$$

$$\vec{w}_{uu}(0) = T_1^-(0) \vec{w}_r = \vec{w}_r \quad (19)$$

$$\vec{w}_{c_{syn}}(0) = T_2^+(0) \vec{w}_t = \vec{w}_t \quad (20)$$

(18)-(20) - дан  $\vec{w}_0$ ,  $\vec{w}_r$ ,  $\vec{w}_t$  векторларының физикалық мағынасы бірден анық болады. Бұл векторлар ортаның ығысу нүктелерін ( $u_z$ ,  $u_x$ ,  $u_y$

), кернеу тензорының компоненттерін ( $\sigma_{zz}$ ,  $\sigma_{xz}$ ,  $\sigma_{yz}$ ), сонымен қатар орталар бөлімінің шекарасындағы жылулық өріс компоненттерін ( $\theta$ ,  $q_z$ ) анықтады. Условия (18)-(20) шарты сонымен қатар  $u_z$  ығысу бөлімінің шекарасындағы мән мен  $\sigma_z$  кернеу компонентасын,  $u_x$  ығысуы мен  $\sigma_{yz}$  кернеу компонентасын,  $u_y$  ығысуы мен  $\sigma_{yz}$  кернеу компонентасын және сонымен бірге  $\theta$  және  $q_z$  өзара байланыстырады.

Толқындардың шағылу есебін шығару үшін шекаралық шарттарды жазу қажет. Себебі, векторлық бағандар ығысуға, қалыптылары кернеу компонентінің шекарасына және жанамалар жылулық өріс құраушыларына кіреді, олай болса (18) бірінші шарт қалыпты келесі түрде жазылады:

$$\vec{w}_0 + \vec{w}_r = \vec{w}_t \quad (21)$$

Бұл шарттан өзге шешімнің үзіліссіздігінің себебі болып табылатын матрицалық шарт қойылады:

$$T_1^+(0)\vec{w}_0 + T_1^-(0)\vec{w}_r = T_2^+(0)\vec{w}_t \quad (22)$$

$\vec{w}_r$  және  $\vec{w}_t$  векторлары үшін (21) және (22) – ді бірге есептегендеге келесіні аламыз:

$$\vec{w}_r = (T_2^+(0) - T_1^-(0))^{-1}(T_1^+(0) - T_2^+(0))\vec{w}_0 \quad (23)$$

$$\vec{w}_t = [E + (T_2^+(0) - T_1^-(0))^{-1}(T_1^+(0) - T_2^+(0))] \vec{w}_0 \quad (24)$$

Келесі белгілеуді енгізейік

$$G = (T_2^+(0) - T_1^-(0))^{-1}(T_1^+(0) - T_2^+(0)) \quad (25)$$

Онда (23) және (24)-ді келесі түрде көшіруге болады

$$\vec{w}_r = G\vec{w}_0 \quad (26)$$

$$\vec{w}_t = [E + G]\vec{w}_0 \quad (27)$$

Сонымен, (16)-(17), (23)-(24) - нан шағыған және сынған толқындар өрісі келесі түрде жазылады:

$$\vec{w}_{uu} = T_1^- G \vec{w}_0 \quad (28)$$

$$\vec{w}_{c_{sys}} = T_2^+ (E + G) \vec{w}_0 \quad (29)$$

(25) және (26) өрнектері берілген есептің шешімі болып табылады. (25) өрнегінен  $G$  матрицасы  $z=0$  болғандағы түзу және кері толқындардың матрицанттарымен анықталатындығы байқалады.

$z=0$  болғанда түзу және кері толқындардың матрицанттары тең:

$$T^\pm(0) = \frac{1}{2}(E \pm i\alpha R) \quad (30)$$

мұндағы

$$\alpha = \frac{1}{k\kappa(k+\kappa)}; R = \langle B \rangle^3 + (\alpha + \frac{1}{2}\sqrt{\alpha^2 - \Delta^2})\langle B \rangle \quad (31)$$

Термосерпімділіктің байланысқан теңдеулері серпімді және термомеханикалық параметрлерінің көптігімен ерекшелінеді. Сонымен байланысты қазіргі уақытта матрицалық әдістер көбінесе эффективті және конструктивті болып табылады.

### Қорытынды

Бұл мақалада матрицанттың аналитикалық әдісі негізінде изотропты және анизотропты орталар шекарасындағы термосерпімді толқындардың шағылысу-сыну коэффициенттерін анықтаудың есебі алынған. Қарастырылып отырған процесте алынған инварианттық қатынастар алынады және сақталу зандарын қамтамасыз етеді. Матрицалық әдіс анизотропты ортада байланысқан жылу және серпімді толқындарды тарату үшін қолданылды.

ПАЙДАЛАНГАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

- 1 Новацкий, В. Теория упругости [Текст]. – М. : Мир. – 1975. – 872 с.
- 2 Тлеуkenov, С. К. Метод матрицанта [Текст]. – Павлодар : НИЦ ПГУ им. С. Торайгырова, 2004. – 151 с.
- 3 Ispulov, N. A., Zhumabekov, A. Zh., Abdul Qadir, Kurmanov, A. A., Saryanova, S. N., Dossumbekov, K. R., Arinov, E. The Propagation of Thermoelastic Waves in Different Anisotropic Media Using Matricant Method [Text]. Hindawi Advances in Mathematical Physics Volume. – 2022. – 8 p.
- 4 Dossumbekov, K. R., Ispulov, N. A., Kurmanov, A. A., Zhumabekov, A. Zh. Propagation of electromagnetic waves in cholesteric liquid crystals [Распространение термоупругих волн в различных анизотропных средах с использованием метода матрицанта] [Текст] // Russian Physics Journal. – № 8 – Vol. 64. – 2021. – P. 1391–1399.
- 5 Коваленко, А. Д. Основы термоупругости [Текст]. – Киев : Наукова Думка. – 1970. – С. 89–105.
- 6 Лехницкий, С. Г. Теория упругости анизотропного тела [Текст]. – М. : Гостех, 1950. – С. 85–96.
- 7 Дъелесан, Э., Руайе, Д. Упругие волны в твердых телах [Текст]. – М. : Наука, 1982. – 441 с.
- 8 Костюрин, Н. А., Клинчик, Г. С. Матрицы отражения и пропускания света на границе раздела двух анизотропных сред [Текст]. – М. : Кристаллография. – 1989. – 34. – N5. – С. 167–171.
- 9 Федоров, Ф. И. Теория упругих волн в кристаллах [Текст]. – М. : Наука, 1956. – 386 с.
- 10 Подъяпольский, Г. С. Отражение и преломление на границе двух сред в случае нежесткого контакта [Текст] // Изв. АН СССР, Серия Географическая. – № 4. – 1963. – С. 525–531.

Басып шығаруға 15.12.23 қабылданды.

REFERENCES

- 1 Novatskii, B. Teoriya uprugosti [Elasticity theory] [Text]. – Moscow : Mir, 1975. – 872 p.
- 2 Tleukenov, S. K. Metod matricanta [Matrix method] [Text]. – Pavlodar : NIC PGU im. S. Toraigyrova. – 2004. – 151 p.
- 3 Ispulov, N. A., Zhumabekov, A. Zh., Abdul Qadir, Kurmanov, A. A., Saryanova, S. N., Dossumbekov, K. R., Arinov, E. The Propagation of

Thermoelastic Waves in Different Anisotropic Media Using Matricant Method [Text] // Hindawi Advances in Mathematical Physics Volume. – 2022. – 8 p.

- 4 Dossumbekov, K. R., Ispulov, N. A., Kurmanov, A. A., Zhumabekov, A. Zh. Propagation of electromagnetic waves in cholesteric liquid crystals [Text]. Russian Physics Journal. – No. 8 – Vol. 64. – 2021. – P. 1391–1399.

- 5 Kovalenko, A. D. Osnovy termouprugosti [Basics of thermoelasticity] [Text]. – Kiev : Naukova Dumka. – 1970. – P. 89–105.

6 Lekhnitskii, С. G. Teoriya uprugosti anizotropnogo tela [Theory of elasticity of an anisotropic body] [Text], Moscow : Gosteh. – 1950. – P. 85–96.

- 7 Delesan, E., Puaje, D. Uprugie volny v tverdyh telah [Elastic waves in solids] [Text], Moscow : Nauka, 1982. – 441 p.

8 Kostyurin, N. A., Klinchik, G. C. Matricy otrazheniya i propuskaniya sveta na granice razdela dvuh anizotropnyh sred [Matrices of reflection and transmission of light at the interface of two anisotropic media] [Text]. – Moscow : Kristallografiya. – 1989. 34, N5. – P. 167–171.

- 9 Fedopov, F. I. Teoriya uprugih voln v kriktallah [Theory of elastic waves in crystals] [Text]. – Moscow : Nauka. – 1956. – 386 p.

10 Podyapolskii, G. S. Otrazhenie i prelomlenie na granice dvuh sred v sluchae nezhestkogo kontakta [Reflection and refraction at the boundary of two media in the case of non-rigid contact] [Text] // Izv. AN SSSR, Ser. Geograficheskaya. – № 4. – 1963. – P. 525–531.

\*Н. А. Испулов<sup>1</sup>, Ж. Д. Оспанова<sup>2</sup>, М. М. Капенова<sup>1</sup>, М. Ж. Султанова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

<sup>2</sup>Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, Республика Казахстан, г. Астана.

Принято к изданию 15.12.23.

О КОЭФФИЦИЕНТАХ ОТРАЖЕНИЯ – ПРЕЛОМЛЕНИЯ  
ТЕРМОУПРУГИХ ВОЛН НА ГРАНИЦАХ  
ИЗОТРОПНЫХ И АНИЗОТРОПНЫХ СРЕД

Целью работы является построение структуры фундаментальных решений, связанных уравнениями движения и уравнением теплового потока, уравнением теплопроводности Фурье и отношениями Дюгамеля-Неймана для изучения модели термоупругой среды; анализ типов волн и классификация их взаимных преобразований. Расчет коэффициентов отражения – преломления термоупругих волн на границах изотропных и анизотропных сред осуществляется с помощью метода матрицанта, разработанного

профессором С. К. Тлеуkenовым и его учениками. Для решения ряда теоретических и дополнительных задач динамики гладких сред требует полного учета анизотропии и неоднородности физико-механических свойств. Основная особенность анализа волнобразных процессов в анизотропных средах заключается в том, что в этих задачах нельзя принципиально применять физические рекомендации и математический аппарат, разработанный для изотропных сред. Это связано с тем, что волновое поле не может разделиться на прямые и обратные волны. Вторая серьезная проблема заключается в том, что физико-механических измерений слишком много, поэтому были записаны основная зависимость и дифференциальное уравнение, а методов решения уравнения количества движения существует несколько, поэтому нужно было выбрать наиболее удобный. Главным принципиальным успехом метода матрицанта является возможность описания волнового процесса при наличии нескольких физических эффектов.

В ходе работы, во-первых, аналитически выведен расчет определения коэффициентов отражения-преломления термоупругих волн на границах изотропных и анизотропных сред методом матрицанта. Получены инвариантные отношения, происходящие в рассматриваемом процессе, и обеспечивающие законы сохранения. Для распространения связанных тепловых и упругих волн в анизотропных средах применялся метод матрицанта.

**Ключевые слова:** изотропные среды, анизотропные среды, уравнения теплопроводности, приток тепла, термоупругие волны, термоупругость, метод матрицанта.

\*N. A. Ispulov<sup>1</sup>, Zh. D. Ospanova<sup>2</sup>, M. M. Kapenova<sup>1</sup>, M. Zh. Sultanova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Toraigyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

<sup>2</sup>L. N. Gumilyov Eurasian National University, Republic of Kazakhstan, Astana  
Accepted for publication 15.12.23.

## ON REFLECTION COEFFICIENTS OF THERMOELASTIC WAVES AT THE BOUNDARIES OF ISOTROPIC AND ANISOTROPIC MEDIA

The purpose of the work is to construct a structure of fundamental solutions related by the equations of motion and the heat flow equation, the Fourier heat equation and the Duhamel-Neumann relations to study the model of a thermoelastic medium; analysis of wave types

and classification of their mutual transformations. The calculation of the reflection and refraction coefficients of thermoelastic waves at the boundaries of isotropic and anisotropic media is carried out using the matrixant method developed by Professor S. K. Tleukenenov and his students. To solve a number of theoretical and additional problems of smooth media dynamics, it requires full consideration of anisotropy and heterogeneity of physical and mechanical properties. The main feature of the analysis of wave processes in anisotropic media is that in these problems it is impossible to fundamentally apply physical recommendations and mathematical apparatus developed for isotropic media. This is due to the fact that the wave field cannot be divided into forward and reverse waves. The second serious problem is that there are too many physical and mechanical measurements, so the main dependence and the differential equation were recorded, and there are several methods for solving the equation of the amount of motion, so it was necessary to choose the most convenient one. The main fundamental success of the matrixant method is the possibility of describing the wave process in the presence of several physical effects.

In the course of the work, firstly, the calculation of the determination of the reflection-refraction coefficients of thermoelastic waves at the boundaries of isotropic and anisotropic media by the matrixant method is analytically derived. Invariant relations occurring in the process under consideration and providing conservation laws are obtained. The matrixant method was used to propagate coupled thermal and elastic waves in anisotropic media.

**Keywords:** isotropic medium, anisotropic medium, heat conduction equations, heat inflow, thermoelastic waves, thermoelasticity, matrixant method.

\***Rehan Ali Rahimoon<sup>1</sup>, Kamil Zaman Rahimoon<sup>2</sup>,  
Aamir Khan Jarwar<sup>2</sup>, Muhammad Faizan Shaikh<sup>1</sup>,  
Mujtaba Abid Hussain<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>NED University of Engineering and Technology, Karachi, Pakistan

<sup>2</sup>Mehran University of Engineering and Technology, Jamshoro, Pakistan

\*e-mail: [aqadir@iba-suk.edu.pk](mailto:aqadir@iba-suk.edu.pk)

## ANALYSIS OF PERFORMANCE OF A PV SOLAR CELL AND EFFECT OF PHYSICAL PARAMETER

In recent days, PV solar systems have been commercialized in almost the whole world because of its advantageous efforts like a long-term supply of power at a very lower cost and various governments are also encouraging consumers to use sustainable green energy. The purpose of this study was to develop a model that allows the user to predict PV cell's current-voltage (I-V) and power-voltage (P-V) characteristic curves by varying irradiance, cell temperature, and diode ideality factor, and the value of series resistance. The characteristic curves obtained from the simulation of the MATLAB/Simulink model are matched with the data given by the manufacturers by changing the value of mentioned internal parameters. Comparative results of one and two diode models with different electrophysical parameters are shown. There are analyses for photocurrent, voltage and power, as well as their dependence on single and two diode models. Block diagram models for diodes are also presented.

**Keywords:** Irradiance, Temperature, Ideality Factor, Series Resistance, current-voltage characteristics.

### Introduction

Solar cell is mainly p-n junction which is made up of thin wafer or layer of semiconductor. Electromagnetic radiation coming from Sun can be directly converted into electricity when it is exposed to the metallic plates forming the photovoltaic cell through photoelectric effect. When solar cell is exposed to sunlight then photon that are coming from electromagnetic radiations having high energy to the band gap energy of semiconductor are absorbed and create a deficient of electron as a result electron hole pair is produced. The number of emitting

photoelectrons is directly proportional to the intensity of incident radiation. When photons get absorbed in the cell, energy of photons will cause the electrons to get free and they can move in the cell, these electrons exist from both ends of cell and creates a flow of electrons (creates electricity). With the increase in intensity of sunlight number of photo-electrons emission can be increased (Intensity is proportional to the number of photoelectrons) creates the passage of electrons which in turn produces a more electricity. Internal electric field of p-n junction may have impact on these carriers which are swept apart and produces a flow of electrons emitted by photons is proportional to solar insulation [1]. PV system naturally exhibits a non-linear I-V and P-V characteristics which may vary with the intensity of radiation and temperature of cell.

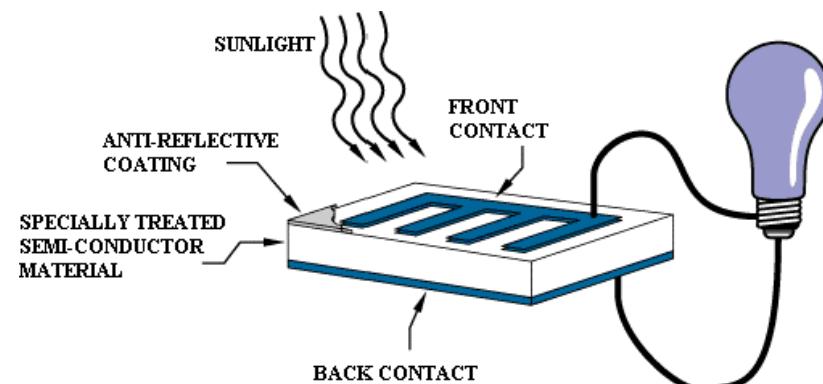


Figure 1 - Basic solar cell

These solar cells don't produce sufficient energy individually so by combining these solar cells in photovoltaic panels we can produce enough energy to power our homes as well as for many other purposes like space satellites.

The evolution of modeling and simulation has been made and this makes a necessary part in modern time. The modeling of module comprises of non-linear V-I and P-V characteristics. The literature of PV cell, this begins in beginning of 1977 with [2]. After 1977 many researchers have studied it to enhance its efficiency and reduce the cost. Many of the researchers have used circuit-based method to characterize solar module of a simpler model; that is a current source in parallel with a diode [3–6]. In solar modules, continually changing environmental conditions such as partial shading can adversely affect the peak output power from the model. Many calculating techniques have been suggested by the researchers [3, 7–10]. Modest circuit constructed model was proposed in [3, 9–11]. Secondary methods have also been given by researchers in which the V-I characteristics can

be adjusted through mock intelligence methods [12–15]. However, some of the methods are ideally difficult to implement and need much of the computational efforts while the other methods are only limited up to the simulation of PV module. Because of all the constraints, a correct and complete design of PV system was presented circuit model in MATLAB Simulink model. In 29 Apr 2013 (Updated 06 May 2013) Shivananda Pukhrem analysis, «A circuit based simulation model for a PV cell for estimating the IV and PV characteristic curves» [16].

### Materials and methods

The important formulation used in modeling PV cell metallization is as follows. For single diode model the relation between output current of a PV cell and terminal voltage.

$$I = I_{ph} - I_0 \left[ \exp \left( \frac{q \times V}{A \times k \times T} \right) - 1 \right] \quad (1)$$

PV cell's basic equation does not represent practical I-V characteristics. A lot of PV cells are connected along with additional parameters like parallel and series resistances (RS & RP) to form a practical module. Hence equation of current is given by

$$I = I_{ph} - I_0 \left[ \exp \left( \frac{V + R_s \times I}{A \times V \times T} \right) - \frac{V + R_s \times I}{R_p} \right] \quad (2)$$

For two diode model equation of PV cell current equation becomes,

$$I = I_{ph} - I_1 \left[ \exp \left( \frac{V + R_s \times I}{A_1 \times V \times T} - 1 \right) \right] - I_2 \left[ \exp \left( \frac{V + R_s \times I}{A_2 \times V \times T} \right) - 1 \right] - \frac{V + R_s \times I}{R_p} \quad (3)$$

Where  $I_{ph}$  is light generated photo current,  $I$  is diode current,  $V$  is diode voltage,  $T$  is temperature,  $A$ ,  $A_1$ ,  $A_2$  diode ideality factor,  $k$  is Boltzmann constant,  $I_0$  is reverse saturated current,  $q$  is charge of electron,  $I$  the reverse saturation current of diode D1 and D2 respectively,  $I_1$  is diode equation due to diffusion,  $I_2$  diode equation due to change recombination mechanisms. Modeling of single diode ideal model.

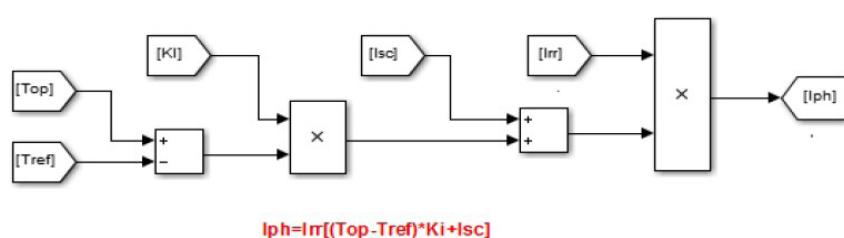


Figure 2 – Light generated current block diagram

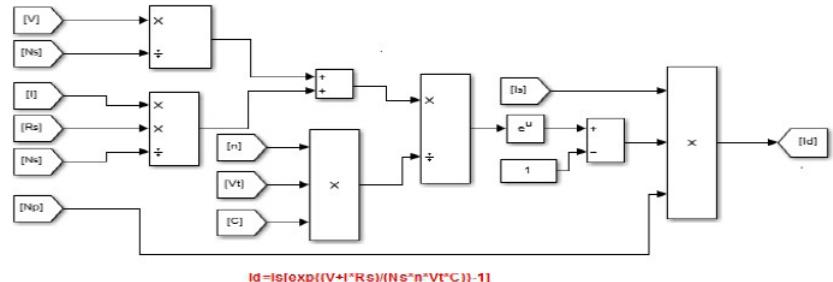


Figure 3 – Diode current block diagram

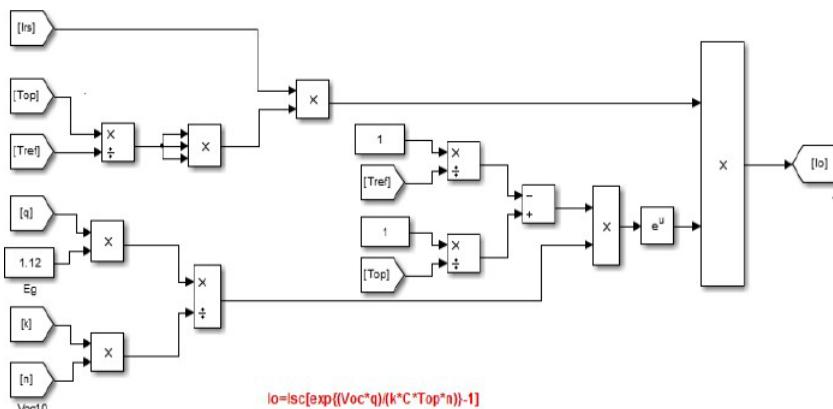
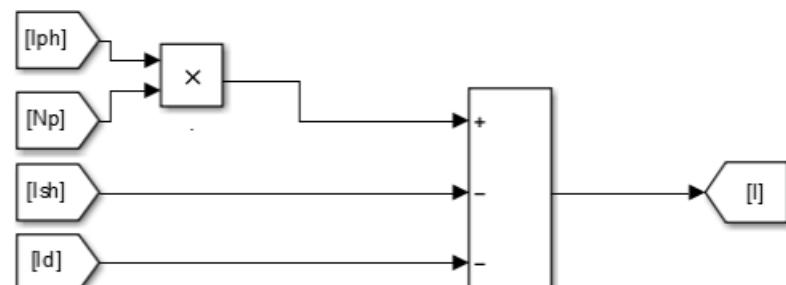


Figure 4 – Reverse saturation current block diagram



$$I = [I_{ph} \cdot Np] - Id - Ish$$

Figure 5 – Output current block diagram

Modeling for single diode with  $R_s$ . Now we have to consider shunt current ( $I_{sh}$ ) for the modeling of single diode with series resistance  $R_s$ , for that that we must know the value of series resistance ( $R_s$ ) and parallel resistance ( $R_p$ ). So, we will vary the values of series resistance ( $R_s$ ) and parallel resistance ( $R_p$ ) iteratively, by using MATLAB hence we can find shunt current.

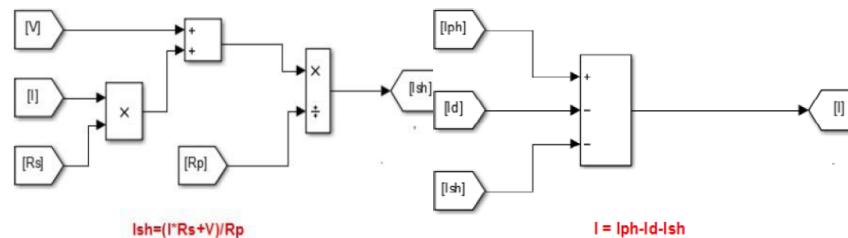


Figure 6 – Block diagram

Modeling for two diodes with  $R_s$ . Current calculation process of two diode model with series resistance is exactly same as that of single diode model but in this case, we have to consider two diodes.

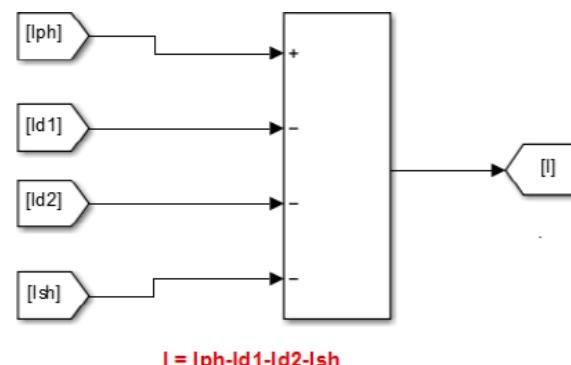


Figure 7 – Block diagram of output current for two diode with series resistance

Modeling of Subsystem for single diode and two diode models with  $R_s$

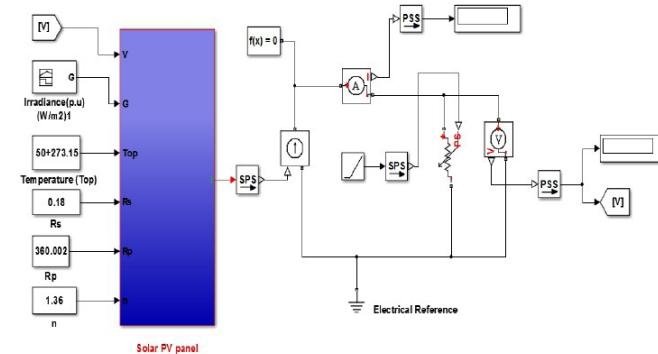


Figure 8 – Subsystem block diagram for single and two diode models with series resistance  $R_s$

Blue block is basically a subsystem, this part is user defined. On that block a user can input his/her required data for temperature, Sunlight/irradiance, and Voltage. Two diode model sub system is also same, but main difference in this case is that we have to consider one extra diode for modeling. By using this model of PV solar cell we can put data values of different solar cell models in this model. Suppose if we are using a solar model named MX-65 it will have different values of open circuit voltage, short circuit current and temperature co-efficient of open circuit voltage and short circuit current as compared to that of MX-60 solar cell model. Now by varying these inputs we can observe different I-V and P-V characteristics curves.

### Results and discussions

P-V and I-V characteristic curves of a PV solar cell and radiations are highly non-linear. For solar cell's MSX-60 module (with pre set parameters given in table 1) we have simulated P-V and I-V characteristics using MATLAB-Simulink by varying different parameters like ideality factor, temperature, series and shunt resistances to match the parameters set by the manufacturer (short circuit current open circuit voltage, maximum current, maximum voltage and maximum power) at standard temperature (298 K) and irradiance (1000 W/m<sup>2</sup>).

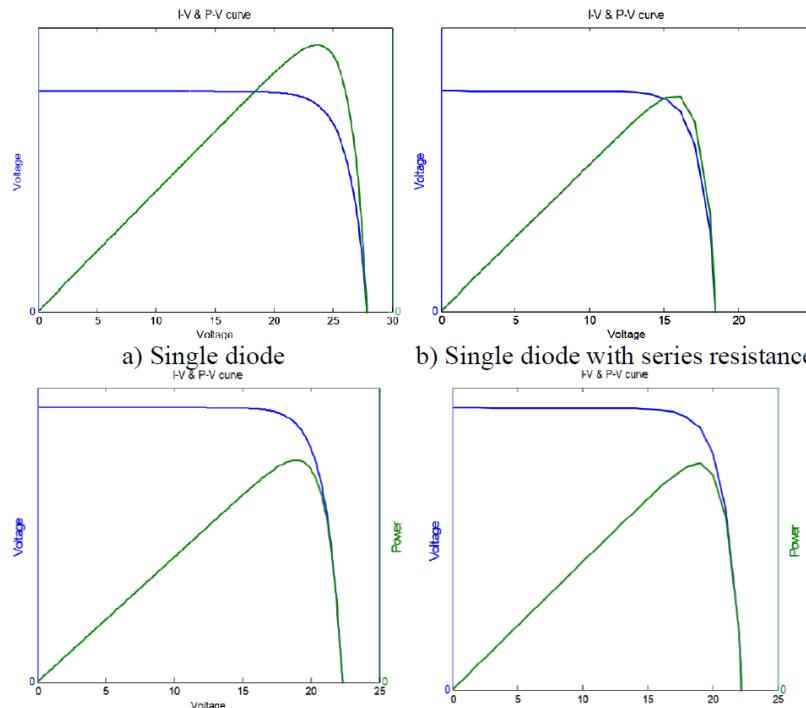


Figure 9 – Model I-V and P-V characteristics curves

Table 1 – Solarex MSX-60 module specification data

Characteristic	SPEC
Typical peak power ( $P_p$ )	60 W
Voltage at peak power ( $V_p$ )	17.1 V
Current at peak power ( $I_p$ )	3.5 A
Short-circuit current ( $I_{sc}$ )	3.8 A
Open-circuit voltage ( $V_{oc}$ )	21.1 V
Temperature coefficient of open-circuit voltage	-73mV/°C
Temperature coefficient of short-circuit current ( $K_{sc}$ )	3 mV/°C
Approximate effect of temperature on power	-0.38 W/°C
Nominal operating cell temperature (NOCT)	49 °C

Effect of Temperature Variations on Solar Cell. We have taken diode ideality factor 1.2, irradiance  $600 \text{ W/m}^2$  and circuit temperature varied between  $0^\circ\text{C}$  and  $75^\circ\text{C}$ . Effect of temperature on solar cell maximum output power is simulated and resultant I-V and P-V characteristics curves are shown below. Hence it is clear from these curves that maximum output power of cell is greatly affected by temperature variations. Power is reduced because with the increase in temperature diode current is also increased. Maximum output voltage of single diode falls with the increase in temperature is approximately  $1.75 \text{ V/}^\circ\text{C}$  and for two diode model approximately  $3.5 \text{ V/}^\circ\text{C}$ .

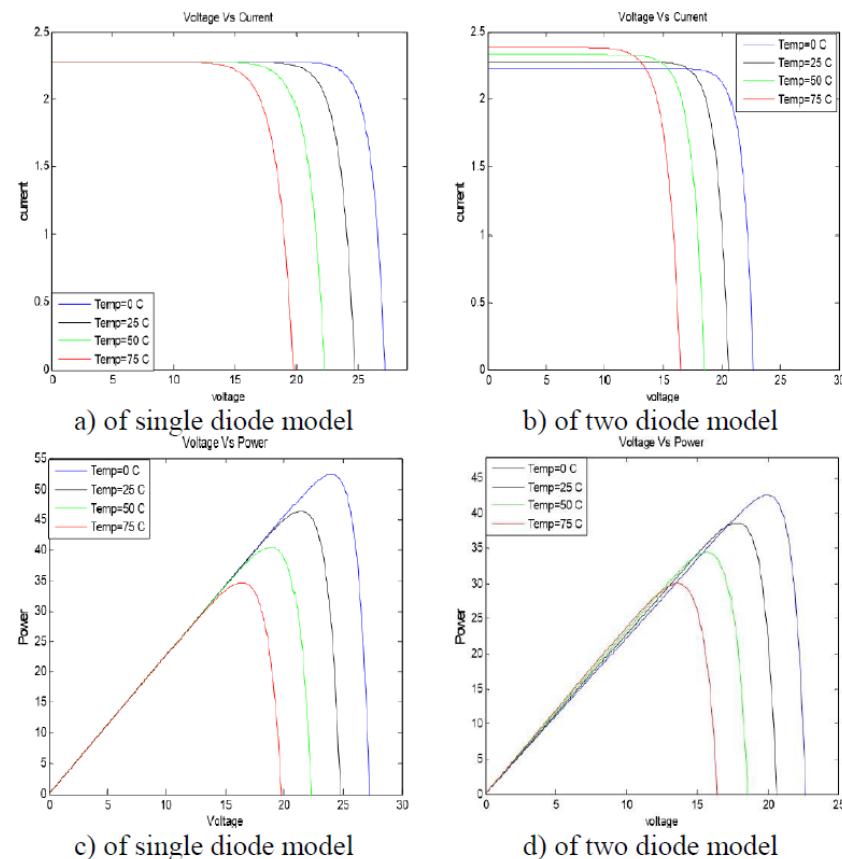
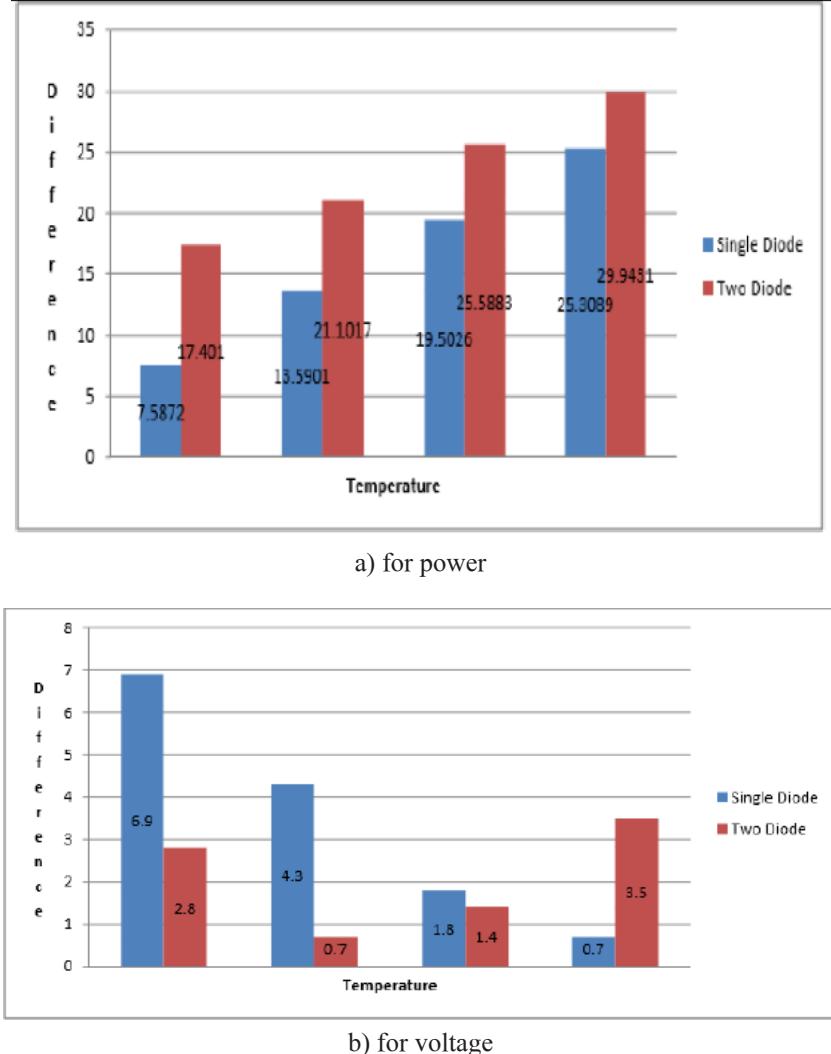


Figure 10 – Model I-V (a, b) and P-V (c, d) characteristics curves

Table 2 – Single diode model and two diode model temperature variations

Temperature (°C)	No series cell (Ns)	273	298	323	348
Pm(W)	36 (two diode)	42.5990	38.5953	34.4117	30.0569
Vm(V)		19.9000	17.8000	15.7000	13.6000
Im(A)		2.1407	2.1683	2.1918	2.2101
Pm(W)	36 (single diode)	52.4128	46.4099	40.4974	34.6911
Vm(V)		24.0000	21.4000	18.9000	16.4000
Im(A)		2.1839	2.1687	2.1427	2.1153



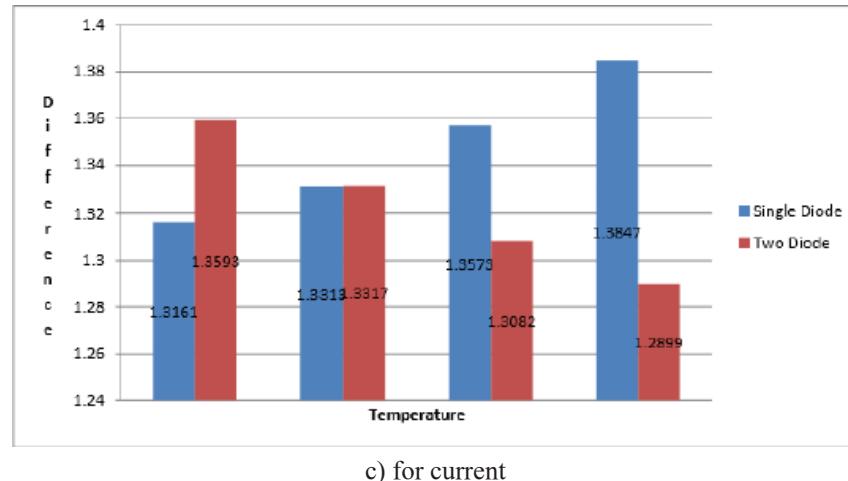


Figure 10 – Single diode and two diode model difference compared to ideal diode model

Effect of Irradiance. When we have varied irradiance value in steps as 400 W/m<sup>2</sup>, 600 W/m<sup>2</sup>, 800 W/m<sup>2</sup>, 800 W/m<sup>2</sup> and 1000 W/m<sup>2</sup> with constant conditions (diode ideality factor 1.2 and temperature kept 25 °C) resultant changes in I-V and P-V characteristics curves are shown below. It is very clear from these plots that short circuit current and open circuit voltage are greatly affected by these irradiance variations especially short circuit current. With the increase in irradiance short circuit current increases and hence maximum power is also increased.

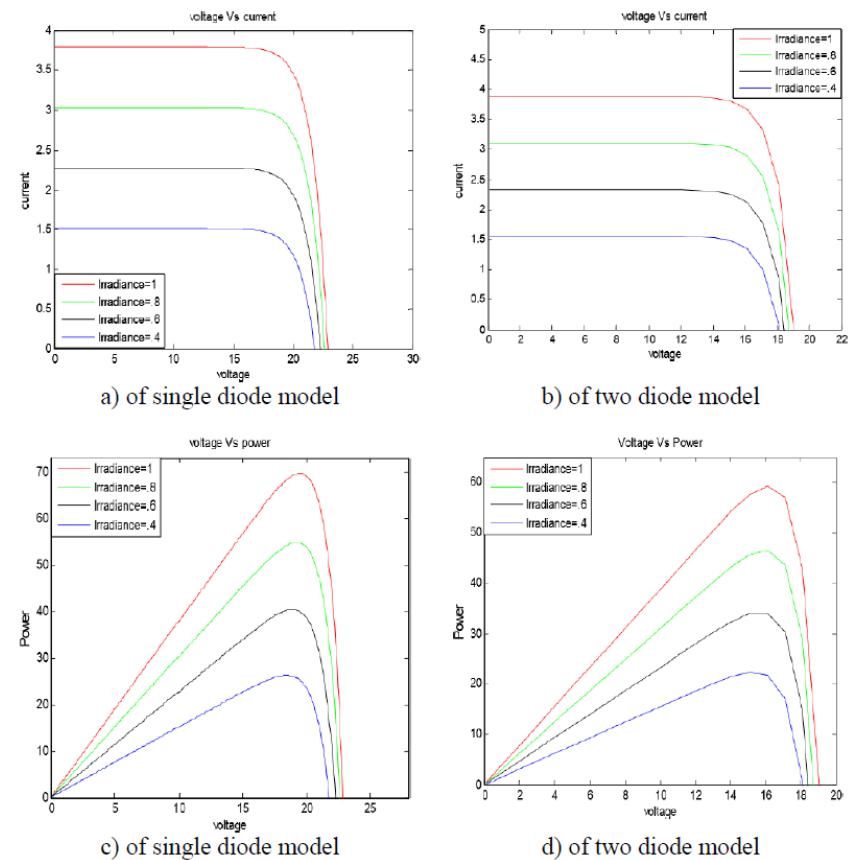


Figure 11 – I-V (a,b) and P-V (c,d) characteristics curves

Table 3 – Single diode model and two diode model irradiance variations

Irradiance (W/m <sup>2</sup> )	No series cell (Ns)	273	298	323	348
Pm(W)	36 (two diode)	59.2289	46.7111	34.1934	22.3043
Vm(V)		16.1000	16.1000	16.1000	15.1000
Im(A)		3.6788	2.9013	2.1238	1.4771
Pm(W)	36 (single diode)	69.6928	54.9860	40.4974	26.3007
Vm(V)		19.5000	19.2000	18.9000	18.4000
Im(A)		3.5740	2.8639	2.1427	1.4294

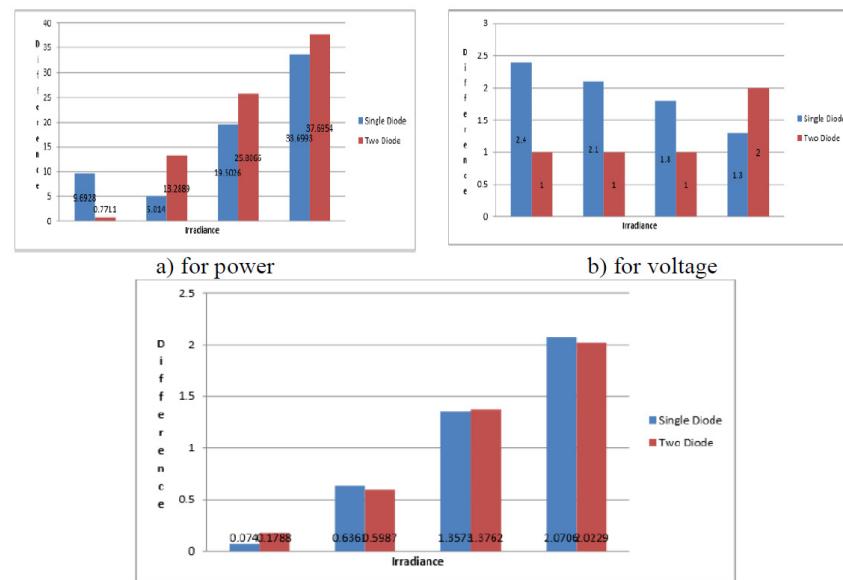


Figure 12 – Single diode and two diode model difference for power, voltage and current compared to ideal diode model

## Conclusion

Photovoltaic (PV) cell, module and array are represented by a generalized photovoltaic (PV) model. This model is formed with the help of MATLAB and verified with different models. Main inputs to our model are irradiance and temperature while the outputs are I-V and P-V characteristics curves under various conditions. This model is designed in the form of Simulink block libraries. The masked image makes the block model more user friendly and a dialog box permits the users to easily configure the PV model. The proposed model takes sunlight irradiance and cell temperature as input parameters and outputs the I-V and P-V characteristics under various conditions. For MATLAB modeling and simulation such a comprehensive PV model is simple to be used.

## REFERENCES

- 1 Kaur E. N. and Singh E. A. «A Novel Approach on Photovoltaic Technologies for Power Injection in Grid Using Matlab-Simulink», hand, vol. 7, p. 8.
- 2 Kamat P., Karkhanavala M., and Moorthy P. «Enhancement of the power output of photogalvanic cells», 1977.
- 3 Da Silva R. and Fernandes J. «Hybrid photovoltaic/thermal (PV/T) solar systems simulation with Simulink/Matlab», Solar energy, vol. 84, № 12, P. 1985–1996, 2010.
- 4 Altas I. and Sharaf A. «A photovoltaic array simulation model for Matlab-Simulink GUI environment», in 2007 International Conference on Clean Electrical Power, 2007: IEEE, P. 341–345.
- 5 Nema S., Nema R., and Agnihotri G. «Matlab/simulink based study of photovoltaic cells/modules/array and their experimental verification», International journal of Energy and Environment, vol. 1, № 3, P. 487–500, 2010.
- 6 Villalva M. G., Gazoli J. R., and Ruppert Filho E. «Comprehensive approach to modeling and simulation of photovoltaic arrays». IEEE Transactions on power electronics, vol. 24, № 5, P. 1198–1208, 2009.
- 7 Ishaque K. and Salam Z. «A comprehensive MATLAB Simulink PV system simulator with partial shading capability based on two-diode model», Solar energy, vol. 85, № 9, P. 2217–2227, 2011.
- 8 Dell'Aquila R., Balboni L., and Morici R. «A new approach: modeling, simulation, development and implementation of a commercial grid-connected transformerless PV inverter», in SPEEDAM 2010, 2010: IEEE, P. 1422–1429.
- 9 Jung J.-H. and Ahmed S. «Model construction of single crystalline photovoltaic panels for real-time simulation», in 2010 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, 2010: IEEE, P. 342–349.
- 10 Walker G. «Evaluating MPPT converter topologies using a MATLAB PV model», Journal of Electrical & Electronics Engineering, Australia, vol. 21, № 1, P. 49–55, 2001.
- 11 Yusof Y., Sayuti S. H., Latif M. A., and Wanik M. C. «Modeling and simulation of maximum power point tracker for photovoltaic system» in PECon 2004. Proceedings. National Power and Energy Conference, 2004., 2004: IEEE, P. 88–93.
- 12 Veerachary M. «Power tracking for nonlinear PV sources with coupled inductor SEPIC converter» IEEE transactions on aerospace and electronic systems, vol. 41, № 3, P. 1019–1029, 2005.
- 13 Chowdhury S., Chowdhury S., Taylor G., and Song Y. «Mathematical modelling and performance evaluation of a stand-alone polycrystalline PV plant

with MPPT facility» // in 2008 IEEE Power and Energy Society General Meeting-Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, 2008: IEEE. – P. 1–7.

14 **Zegaoui, A. et al.** «Comparison of two common maximum power point trackers by simulating of PV generators» // Energy Procedia. – Vol. 6. – P. 678–687. – 2011.

15 **Ramaprabha, R. and Mathur, B.** «Soft computing optimization techniques for solar photovoltaic arrays» // ARPN J Eng Appl Sci. – vol. 6. – № 10, P. 70–5, 2011.

16 **Islam, A. and Chowdhury, M. I. B.** «A Simulink based generalized model of PV cell/array». in 2014 3rd International Conference on the Developments in Renewable Energy Technology (ICDRET). – 2014: IEEE. – P. 1–5.

Accepted for publication 15.12.23

**\*Рехан Али Рахимун<sup>1</sup>, Камиль Заман Рахимун<sup>2</sup>, Амир Хан Джарвар<sup>2</sup>, Мухаммад Файзан Шейх<sup>1</sup>, Муджстаба Абид Хуссейн<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Инженерно-технологический университет NED, Карачи, Пакистан

<sup>2</sup>Инженерно-технологический университет Мехрана, Джамшоро, Пакистан  
Басып шығаруга 15.12.23 қабылданды.

## ФОТОЭЛЕКТРИК КҮН БАТАРЕЯСЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІН ЖӘНЕ ФИЗИКАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРДІҢ ӘСЕРІН ТАЛДАУ

Соңғы күндері фотоэлектрик күн жүйелері оте төмен багамен ұзақ мерзімді электрмен жабдықтау сияқты артықшылықтарына байланысты бүкіл олемде коммерцияланды және өртүрлі үкіметтер тұтынушиларды тұрақтыжасыл энергияны пайдалануғашақырады. Бұл зерттеудің мақсаты пайдаланушыға фотоэлементтің ток кернеуінің ( $I-V$ ) және қуатының ( $P-V$ ) сипаттамалық қисықтарын жарықтандыруды, элементтің температурасын және диодтың идеалдылық коэффициентін және сериялық кедергі мәндерін өзгерту арқылы болжасуға мүмкіндік беретін модель жасау болды. MATLAB/Simulink моделін модельдеу нәтижесінде алынған сипаттамалық қисықтар корсетілген ішкі параметрлердің мәндерін өзгерту арқылы ондірушілер ұсынған мәліметтермен салыстырылады. Әр түрлі электрофизикалық параметрлері бар диодтардың бір және екі модельнің салыстырмалы нәтижелері көлтірілген. Фототокты, кернеуді және қуатты талдау нәтижелері, сондай-ақ олардың бір

және екі диодты модельдерге тәуелділігі көлтірілген. Диодтарға арналған құрылымдың схемалардың модельдері де ұсынылған.

Кіттің создер: жарықтандыру, температура, идеал коэффициенті, дәйекті қарсылық, вольт-амперлік сипаттамалары.

**\*Рехан Али Рахимун<sup>1</sup>, Камиль Заман Рахимун<sup>2</sup>, Амир Хан Джарвар<sup>2</sup>,  
Мухаммад Файзан Шейх<sup>1</sup>, Муджстаба Абид Хуссейн<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Инженерно-технологический университет NED, Карачи, Пакистан

<sup>2</sup>Инженерно-технологический университет Мехрана, Джамшоро, Пакистан  
Принято к изданию 15.12.23.

## АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА И ВЛИЯНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

В последние дни фотоэлектрические солнечные системы были коммерциализированы почти во всем мире из-за их преимуществ, таких как долгосрочное снабжение электроэнергией по очень низкой цене, и различные правительства также поощряют потребителей использовать устойчивую зеленую энергию. Целью этого исследования была разработка модели, которая позволяет пользователю прогнозировать характеристические кривые напряжения тока ( $I-V$ ) и мощности ( $P-V$ ) фотоэлемента путем изменения освещенности, температуры элемента и коэффициента идеальности диода, а также значения последовательного сопротивления. Характеристические кривые, полученные в результате моделирования модели MATLAB/Simulink, сопоставляются с данными, предоставленными производителями, путем изменения значений указанных внутренних параметров. Показаны сравнительные результаты одной и двух моделей диодов с различными электрофизическими параметрами. Приведены анализы фототока, напряжения и мощности, а также их зависимость от моделей с одним и двумя диодами. Также представлены структурные схемы диодов.

**Ключевые слова:** Освещенность, температура, коэффициент идеальности, последовательное сопротивление, вольт-амперные характеристики.

**СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА И СТАТИСТИКА»**

МРНТИ 27.31.17

<https://doi.org/10.48081/PIQT7305>

**\*П. Б. Бейсебай<sup>1</sup>, М. Ш. Тилепиев<sup>2</sup>, Е. А. Ақжігітова<sup>2</sup>,**  
**Н. Т. Исаева<sup>3</sup>, К. Д. Абдибекова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия Үлттүк университеті,  
Қазақстан Республикасы, Астана қ.;

<sup>2</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,  
Қазақстан Республикасы, Астана қ.;

<sup>3</sup>Әл-Фараби атындағы қазақ ұлттық университеті,  
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

\*e-mail: [beisebai@mail.ru](mailto:beisebai@mail.ru)

**ТҮРАҚТЫ КОЭФФИЦИЕНТТІ СЫЗЫҚТЫҚ  
ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУЛЕР ЖӘНЕ  
ОЛАРДЫҢ ЖҮЙЕЛЕРИНІҢ ШЕШІМДЕРІН ҚҰРУ**

Бұл мақалада екінші ретті тұрақты коэффициентті сыйықтық дифференциалдық теңдеулер және олардың жүйелерінің шешімдерін құрудың оқырмандарға ұсынылатын дәстүрлік әдістен ерекшелегетін жолы корсетіледі. «Дифференциалдық теңдеулер немесе теңдеулер жүйесіндегі сипаттамалық теңдеуді шешуде дискриминанты теріс болған жағдайға сәйкес комплекс сан ұғымының мүлде қолданбауымен ерекшелінеді. Ұсынылған әдіс, сондай-ақ, біртекті теңдеулер жағдайында, екінші ретті сыйықтық теңдеулердің сыйықтық тәуелсіз дербес шешімдерін құру барысында бірінші ретті сыйықтық теңдеулерді шешуде кездесетін Бернуlli әдісінің комегімен енгізілуінде, әрі алғынан алгоритм біртекті теңдеулер жүйесінің шешімін құруда да қолданылады. Біртекті емес теңдеулердің оң жағында экспоненциалдық функция және косинус пен синустың айнымалылық коэффициент-коммушелікті сыйықтық комбинациясының көбейтіндісі берілгенде теңдеудің дербес шешімдері сипаттамалық теңдеудің түбірлерінен байланыссыз анықталады. Қарастырылып отырган мәселеде дифференциалдық теңдеулерді тиімді әдістермен шыгару жолдары, яғни дәстүрлі әдіспен салыстыра отырып, әртүрлі есептің шыгару жолдарын ерекшелендіріп айқын қарастырган. Екінші ретті тұрақты коэффициентті сыйықтық дифференциалдық теңдеулерді

және олардың жүйелерінің шешімдерін құру жолдары болашақта студенттерге практикалық сабактарда және озіндік жұмыстарда (СӨЖ, СОӘЖ) есеп шыгару барысында кең қолданыста болады деп үтіттінеміз.

Кілтті сөздер: дифференциалдық теңдеу, дифференциалдық теңдеулер жүйесі, сипаттамалық теңдеулер, теңдеудің дербес шешімі, комплекс сан.

**Кіріспе**

Математикалық білім бере отырып алдымызға қояр негізгі мақсатымыз – бүгінгі таңда өмір, қоғам талабына сай кәсіби мамандық алуына қажетті белгілі математикалық білім жүйесін қолдана біletін, экономикалық, нарықтық катынасты тереңнен түсінетін, жаңаша ойлау қабілеті бар, саяси ахуалды, мәдениетті жеке тұлғаны қалыптастыру.

Кейбір мамандықтардың типтік бағдарламасына сәйкес математика пәнін оқытуда комплекс сандар ұғымы және комплекс мәнді функциялар түсінігі мүлде қарастырылмайды. Сондай-ақ, екінші ретті тұрақты коэффициентті сыйықтық біртекті және біртекті емес дифференциалдық теңдеулердің сипаттамалық теңдеулері нақты түбірге ие болмаған жағдайда немесе теңдеудің оң жағы экспоненциалды функциямен және косинус пен синус функцияларының сыйықтық комбинациясының көбейтіндісі түрінде берілген жағдайда, сыйықтық тәуелсіз шешімдерінің түрін іздеуді белгілі жайт ретінде еш ұйғарымысыз қабылдайды [1–2].

Жұмыстың мазмұнын ұсынудың толықтығы үшін алдымен [5–6] әдебиеттерінде келтірілген тұрақты коэффициенттері бар екінші ретті дифференциалдық теңдеудің шешімін құру әдісінің мәнін қысқаша баяндайдыз.

**Материалдар мен әдістер**

Коэффициенттері тұрақты, нақты  $\rho$  және  $q$  сандары болатын сыйықтық біртекті емес екінші ретті дифференциалдық теңдеуді қарастырайық

$$y'' + py' + qy = f(x). \quad (1)$$

Сыйықтық біртекті емес тұрақты коэффициентті дифференциалдық теңдеудің жалпы шешімі

$$y = \bar{y} + \tilde{y}, \quad (2)$$

түрінде болады, мұндағы  $\bar{y}$  - сәйкес

$$y'' + py' + qy = 0 \quad (3)$$

біртекті тендеуінің жалпы шешімі, ал  $\tilde{y}$  - (1) біртекті емес тендеуінің дербес шешімі.

Біртекті емес тендеудің дербес шешімін құруды қарастырайық [5–6].

1. Келесі түрдегі біртекті емес тендеуді қарастырайық

$$y'' + py' + qy = P_n(x), \quad (4)$$

мұндағы

$$P_n(x) = a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + a_2 x^{n-2} + \dots + a_{n-2} x^2 + a_{n-1} x + a_n \quad (5)$$

коэффициенттерімен берілген  $P$  - ші ретті көпмүшелік.

$\tilde{y}$  дербес шешімін мына түрде іздейміз

$$\tilde{y} = x^m \cdot u_n(x), \quad (6)$$

мұндағы  $m$  - белгісіз сан, ал

$$u_n(x) = A_0 x^n + A_1 x^{n-1} + A_2 x^{n-2} + \dots + A_{n-4} x^4 + A_{n-3} x^3 + A_{n-2} x^2 + A_{n-1} x + A_n$$

коэффициенттері белгісіз  $P$  - ші ретті көпмүшелік.

$\tilde{y}'$ ,  $\tilde{y}''$  туындыларын тауып (4) тендеуге қоямыз

$$m(m-1)x^{m-2} \cdot u_n(x) + mx^{m-1} [2u_n'(x) + p \cdot u_n(x)] + x^m [u_n''(x) + p \cdot u_n'(x) + q \cdot u_n(x)] = P_n(x) \quad (7)$$

Әртүрлі жағдайды қарастырайық. [5–6]

А) егер  $q \neq 0$ , яғни  $k_1 \neq 0$ ,  $k_2 \neq 0$  болса, онда бұл жағдайда, (7) тендеуі орындалуы үшін  $m=0$  болуы керек, сонда (7) тендеуінен

$$u_n''(x) + p \cdot u_n'(x) + q \cdot u_n(x) = P_n(x) \quad (8)$$

тендеуін аламыз. Әрі қарай  $u_n'(x)$ ,  $u_n''(x)$  туындыларын тауып

$$u_n'(x) = nA_0 x^{n-1} + (n-1)A_1 x^{n-2} + (n-2)A_2 x^{n-3} + \dots +$$

$$+ 4A_{n-4} x^3 + 3A_{n-3} x^2 + 2A_{n-2} x + A_{n-1},$$

$$u_n''(x) = n(n-1)A_0 x^{n-2} + (n-1)(n-2)A_1 x^{n-3} + (n-2)(n-3)A_2 x^{n-4} + \dots +$$

$$+ 4 \cdot 3A_{n-4} x^2 + 3 \cdot 2A_{n-3} x + 2 \cdot 1A_{n-2}$$

оларды (8) тендеуінде койсақ:

$$\begin{aligned} & q \cdot A_0 x^n + (q \cdot A_1 + p \cdot n \cdot A_0) x^{n-1} + [q \cdot A_2 + p \cdot (n-1) \cdot A_1 + n(n-1) \cdot A_0] x^{n-2} + \\ & [q \cdot A_3 + p \cdot (n-2) \cdot A_2 + (n-1)(n-2) \cdot A_1] x^{n-3} + \dots + (q \cdot A_{n-2} + 3p \cdot A_{n-3} + 4 \cdot 3 \cdot A_{n-4}) x^2 + \\ & + (q \cdot A_{n-1} + 2p \cdot A_{n-2} + 3 \cdot 2 \cdot A_{n-3}) x + (q \cdot A_n + p \cdot A_{n-1} + 2 \cdot 1 \cdot A_{n-2}) = \\ & = a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + a_2 x^{n-2} + \dots + a_{n-2} x^2 + a_{n-1} x + a_n. \end{aligned}$$

$X$  айнымалысының бірдей дәрежелерінің алдындағы коэффициенттерін тенестіріп, келесі жүйені аламыз:

$$x^n : \quad q \cdot A_0 = a_0$$

$$x^{n-1} : \quad q \cdot A_1 + p \cdot n \cdot A_0 = a_1$$

$$x^{n-2} : \quad q \cdot A_2 + p \cdot (n-1) \cdot A_1 + n(n-1) \cdot A_0 = a_2$$

$$x^{n-3} : \quad q \cdot A_3 + p \cdot (n-2) \cdot A_2 + (n-1)(n-2) \cdot A_1 = a_3$$

...

$$x^2 : \quad q \cdot A_{n-2} + 3p \cdot A_{n-3} + 4 \cdot 3 \cdot A_{n-4} = a_{n-2}$$

$$x : \quad q \cdot A_{n-1} + 2p \cdot A_{n-2} + 3 \cdot 2 \cdot A_{n-3} = a_{n-1}$$

$$x^0 : \quad q \cdot A_n + p \cdot A_{n-1} + 2 \cdot 1 \cdot A_{n-2} = a_n$$

Жүйені шешіп  $A_0, A_1, A_2, \dots, A_{n-1}, A_n$  коэффициенттерінің мәндерін табамыз.

Бұл әдісті белгісіз коэффициенттер әдісі деп атайды.

Сонымен,  $q \neq 0$  болғанда (4) тендеудің дербес шешімін аламыз:

$$\tilde{y} = A_0 x^n + A_1 x^{n-1} + A_2 x^{n-2} + \dots + A_{n-2} x^2 + A_{n-1} x + A_n \quad (9)$$

Б) егер  $q = 0$  болса, яғни  $k_1 = 0$  немесе  $k_2 = 0$  болса, онда бұл жағдайда (7) тендеуі орындалуы үшін  $m=1$  болуы керек, сонда (7) тендеуінен

$$x \cdot u_n''(x) + (2 + xp) \cdot u_n'(x) + p \cdot u_n(x) = P_n(x) \quad (10)$$

тендеуін аламыз. Әрі қарай жоғарыда көрсетілген белгісіз коэффициенттер әдісін пайдаланып  $A_0, A_1, A_2, \dots, A_{n-1}, A_n$  коэффициенттерін табамыз.

Сонымен,  $q = 0$  болғанда, (4) теңдеуінің дербес шешімі мына түрде болады:

$$\tilde{y} = A_0 x^{n+1} + A_1 x^n + A_2 x^{n-1} + \dots + A_{n-2} x^3 + A_{n-1} x^2 + A_n x. \quad (11)$$

Кейде  $A_0, A_1, A_2, \dots, A_{n-1}, A_n$  белгісіз коэффициенттерін (10) теңдеуді қолданбай,  $\tilde{Y}$  дербес шешімін (4) теңдеуіне қою арқылы да табуга болады.

2. Мына түрдегі біртекті емес теңдеуді қарастырамыз [7-8]

$$y'' + py' + qy = a_0 \cdot e^{ax}, \quad (12)$$

мұндағы  $a_0, a$  - берілген тұрақты сандар.

$\tilde{Y}$  дербес шешімін мына түрде іздейміз:

$$\tilde{y} = A \cdot x^m \cdot e^{ax} \quad (13)$$

мұндағы  $m, A$  - белгісіз тұрақты сандар.

$\tilde{y}', \tilde{y}''$  туындыларын табамыз және оны (12) теңдеуіне қойып, мына теңдеуді аламыз:

$$A[m(m-1)x^{m-2} + m(2a+p)x^{m-1} + (a^2 + pa + q)x^m] = a_0 \quad (14)$$

Әртүрлі жағдайларын қарастырайық.

А) егер  $a$  саны (3) сипаттамалық теңдеуінің түбірі болмаса, яғни  $k_1 \neq a, k_2 \neq a, a^2 + pa + q \neq 0$ , онда бұл жағдайда (12) теңдеу орындалуы үшін  $m=0$  болуы керек. (14) теңдеуінен

$$A(a^2 + pa + q) = a_0 \text{ немесе } A = \frac{a_0}{a^2 + pa + q} \text{ екенін табамыз.}$$

Сонда (12) теңдеудің дербес шешімі  $\tilde{y} = \frac{a_0}{a^2 + pa + q} e^{ax}$  түрінде болады.

Б) егер  $a$  саны (3) сипаттамалық теңдеудің жай түбірі болса, яғни

$k_1 = a, k_2 \neq a, a^2 + pa + q = 0, 2a + p \neq 0$ , онда бұл жағдайда (12) теңдеу орындалуы үшін  $m=1$  болуы керек. (14) теңдеуінен

$$A(2a + p) = a_0 \text{ немесе } A = \frac{a_0}{2a + p} \text{ екенін табамыз. Сонда (12)}$$

теңдеуінің дербес шешімі  $\tilde{y} = \frac{a_0}{2a + p} x e^{ax}$  түрінде болады.

В) егер  $a$  саны (3) сипаттамалық теңдеудің еселі түбірі болса, яғни

$k_1 = a, k_2 = a, a^2 + pa + q = 0, 2a + p = 0$ , онда бұл жағдайда (12) теңдеу орындалуы үшін (14) теңдеуінен  $2A = a_0$  немесе  $A = \frac{a_0}{2}$  екенін табамыз.

Сонда (12) теңдеудің дербес шешімі  $\tilde{y} = \frac{a_0}{2} x^2 e^{ax}$  түрінде болады.

### Нәтижелер және талқылау

3. Мына түрдегі біртекті емес теңдеуді қарастырайық [5-6]

$$y'' + py' + qy = P_n(x) \cdot e^{ax}, \quad (15)$$

мұндағы  $P_n(x) = a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + a_2 x^{n-2} + \dots + a_{n-2} x^2 + a_{n-1} x + a_n$

коэффициенттерімен берілген п-ретті көпмүшелік,  $a$  - берілген тұрақты сан.

$\tilde{y}$  дербес шешімін мына түрде іздейміз  $\tilde{y} = x^m \cdot u_n(x) \cdot e^{ax}$ , мұндағы  $u_n(x) = A_0 x^n + A_1 x^{n-1} + A_2 x^{n-2} + \dots + A_{n-2} x^2 + A_{n-1} x + A_n$  - коэффициенттері белгісіз  $n$  - ретті көпмүшелік,  $m$  - белгісіз тұрақты сан.

$\tilde{y}', \tilde{y}''$  туындыларын тауып (15) теңдеуге қойып, мына теңдеуді аламыз:

$$m(m-1)x^{m-2} \cdot u_n(x) + mx^{m-1} [2u'_n(x) + (2a + p)u_n(x)] + x^m [u''_n(x) + (2a + p)u'_n(x) + (a^2 + pa + q) \cdot u_n(x)] = P_n(x) \quad (16)$$

Әртүрлі жағдайды қарастырайық.[7-8]

А) егер  $a$  саны (3) сипаттамалық тендеудің түбірі болмаса, яғни  $k_1 \neq a$ ,  $k_2 \neq a$ ,  $a^2 + pa + q \neq 0$ , онда бұл жағдайда (16) тендеу орындалуы үшін  $m=0$  болуы керек, бұдан (17) тендеуді аламыз:

$$u''(x) + (2a + p) \cdot u'(x) + (a^2 + pa + q) \cdot u(x) = P_n(x) \quad (17)$$

Сонда (16) тендеудің дербес шешімі мына түрде болады:

$$\tilde{y} = u_n \cdot e^{ax} = (A_0 x^n + A_1 x^{n-1} + A_2 x^{n-2} + \dots + A_{n-2} x^2 + A_{n-1} x + A_n) e^{ax} \quad (18)$$

Б) егер  $a$  саны (3) сипаттамалық тендеудің жай түбірі болса, яғни  $k_1 = a$ ,  $k_2 \neq a$ ,  $a^2 + pa + q = 0$ ,  $2a + p \neq 0$ , онда (16) тендеу орындалуы үшін  $m=1$  болуы керек, бұдан (19) тендеуді аламыз:

$$2u'_n(x) + (2a + p) \cdot u_n(x) + x[u''_n(x) + (2a + p) \cdot u'_n(x)] = P_n(x) \quad (19)$$

Сонда (15) тендеудің дербес шешімі мына түрде болады:

$$\tilde{y} = x \cdot u_n \cdot e^{ax} = (A_0 x^{n+1} + A_1 x^n + A_2 x^{n-1} + \dots + A_{n-2} x^3 + A_{n-1} x^2 + A_n x) e^{ax} \quad (20)$$

Б) егер  $a$  саны (3) сипаттамалық тендеудің еселі түбірі болса, яғни

$k_1 = a$ ,  $k_2 = a$ ,  $a^2 + pa + q = 0$ ,  $2a + p = 0$ , онда (16) тендеу орындалуы үшін  $m=2$  болуы керек, бұдан (21) тендеуді аламыз:

$$u_n(x) + 4x \cdot u'_n(x) + x^2 \cdot u''_n(x) = P_n(x) \quad (21)$$

Ал, (16) тендеудің дербес шешімі мына түрде болады:

$$\tilde{y} = x^2 \cdot u_n \cdot e^{ax} = (A_0 x^{n+2} + A_1 x^{n+1} + A_2 x^n + \dots + A_{n-2} x^4 + A_{n-1} x^3 + A_n x^2) e^{ax} \quad (22)$$

Орі қарай белгісіз коэффициенттер әдісін пайдаланып  $A_0, A_1, A_2, \dots, A_{n-1}, A_n$  коэффициенттерін табамыз.

4. Мына түрдегі біртекті емес тендеуді қарастырайық

$$y'' + py' + qy = e^{ax} (a_0 \cos bx + b_0 \sin bx) \quad (23)$$

мұнда  $a_0, b_0, a, b$ - берілген тұрақты сандар және  $b \neq 0$ .

$\tilde{y}$  дербес шешімін мына түрде іздейміз:

$$\tilde{y} = x^m e^{ax} (A \cos bx + B \sin bx)$$

мұнда  $A, B$  - белгісіз тұрақты сандар.

$\tilde{y}', \tilde{y}''$  туындыларын тауып, (23) тендеуге қойсақ (24) тендеуді аламыз:

$$m(m-1)x^{m-2} (A \cos bx + B \sin bx) + mx^{m-1} [(2a + p)(A \cos bx + B \sin bx) + 2b(-A \sin bx + B \cos bx)] + x^m [(a^2 - b^2 + pa + q)(A \cos bx + B \sin bx) + (2a + p)b(-A \sin bx + B \cos bx)] = a_0 \cos bx + b_0 \sin bx \quad (24)$$

Әртүрлі жағдайды қарастырайық.

А) егер  $a \pm bi$  саны (3) сипаттамалық тендеудің түбірі болмаса, яғни

$$(a \pm bi)^2 + p(a \pm bi) + q \neq 0 \\ (a^2 - b^2 + pa + q) \pm (2a + p)bi \neq 0.$$

Бұдан  $a^2 - b^2 + pa + q \neq 0$  және  $2a + p \neq 0$ , онда бұл жағдайда (23) тендеу орындалуы үшін  $m=0$  болуы керек, сонда (24) тендеуден мына тендеуді аламыз:

$$(a^2 - b^2 + pa + q)(A \cos bx + B \sin bx) + (2a + p)b(-A \sin bx + B \cos bx) = a_0 \cos bx + b_0 \sin bx \quad (25)$$

және тендеудің екі жағында тұрган сәйкес  $\cos \beta x$  пен  $\sin \beta x$  функцияларының алдында тұрган коэффициенттерін теңестіріп, мына жүйені аламыз:

$$\begin{cases} (a^2 - b^2 + pa + q)A + (2a + p)bB = a_0 \\ -(2a + p)bA + (a^2 - b^2 + pa + q)B = b_0 \end{cases}$$

Сонда (23) теңдеудің дербес шешімі мына түрде болады:

$$\tilde{y} = e^{ax} (A \cos bx + B \sin bx) \quad (26)$$

Б) егер  $a \pm bi$  саны (3) сипаттамалық теңдеудің түбірі болса, яғни  $a^2 - b^2 + pa + q = 0$ ,  $2a + p, b \neq 0$ , онда (23) теңдеу орындалуы үшін  $m = 1$  болуы керек, сонда (23) теңдеуден мына теңдеуді аламыз:

$$(2a + p)(A \cos bx + B \sin bx) + 2b(-A \sin bx + B \cos bx) = a_0 \cos bx + b_0 \sin bx \quad (27)$$

және теңдеудің екі жағында тұрган сәйкес  $\cos \beta x$  пен  $\sin \beta x$  функцияларының алдында тұрган коэффициенттерін теңестіріп, мына жүйені аламыз:

$$\begin{cases} 2bB = a_0 \\ -2bA = b_0 \end{cases} \quad (28)$$

$$\text{Бұдан } A = -\frac{b_0}{2b}, \quad B = \frac{a_0}{2b}.$$

Сонда (23) теңдеудің дербес шешімі  $\tilde{y} = xe^{ax} (A \cos bx + B \sin bx)$  болады немесе мына түрде

$$\tilde{y} = \frac{1}{2b} xe^{ax} (-b_0 \cos bx + a_0 B \sin bx) \quad (29)$$

5. Мына түрдегі біртекті емес теңдеуді қарастырайық [7–8]:

$$y'' + py' + qy = e^{ax} (P_k(x) \cos bx + Q_r(x) \sin bx), \quad (30)$$

Мұнда  $a, b$  – берілген тұрақты сандар,  $b \neq 0$ ,  
 $P_k(x) = a_0 x^k + a_1 x^{k-1} + \dots + a_{n-1} x + a_n$  және

$$Q_r(x) = b_0 x^r + b_1 x^{r-1} + \dots + b_{k-1} x + b_k - \text{берілген көпмүшеліктер, } a_0 \neq 0, b_0 \neq 0 \quad (k, r = 0, 1, 2, \dots).$$

$\tilde{y}$  дербес шешімін мына түрде іздейміз:

$$\tilde{y} = x^m e^{ax} (u_n(x) \cos bx + v_n(x) \sin bx) \quad (31)$$

мұнда  $n = \max\{k; r\}$ ,  $u(x) = A_0 x^m + A_1 x^{m-1} + \dots + A_{m-1} x + A_m$ ,

$$v(x) = B_0 x^m + B_1 x^{m-1} + \dots + B_{m-1} x + B_m, \quad A_0, A_1, \dots, A_m, \quad B_0, B_1, \dots, B_m$$

белгісіз коэффициенттерімен берілген  $\mathbf{A}$ -ші ретті көпмүшеліктер.

$\tilde{y}'$ ,  $\tilde{y}''$  туындыларын тауып, (30) теңдеуге қойсак, мына өрнекті аламыз:

$$\begin{aligned} &m(m-1)x^{m-2}(u_n(x) \cos bx + v_n(x) \sin bx) + mx^m[(2a + p)(u_n(x) \cos bx + v_n(x) \sin bx) + \\ &+ 2(u'_n(x) \cos bx + v'_n(x) \sin bx) + 2(u'_n(x) \cos bx + v'_n(x) \sin bx) + 2b(-u_n(x) \sin bx + v_n(x) \cos bx)] + \\ &+ x^m[(a^2 - b^2 + ap + q)(u_n(x) \cos bx + v_n(x) \sin bx) + (2a + p)(u'_n(x) \cos bx + v'_n(x) \sin bx) + \\ &+ (2a + p)b(-u_n(x) \sin bx + v_n(x) \cos bx) + (u''_n(x) \cos bx + v''_n(x) \sin bx) + 2b(-u'_n(x) \sin bx + v'_n(x) \cos bx)] = \\ &= P_k(x) \cos bx + Q_r(x) \sin bx. \end{aligned}$$

Әртүрлі жағдайды қарастырайық. [9–10]

А) егер  $a \pm bi$  (3) сипаттамалық теңдеудің түбірі болмаса, яғни  $a^2 - b^2 + pa + q \neq 0$  және  $2a + p \neq 0$ , онда (31) теңдеу орындалуы үшін  $m = 0$  болуы керек, онда (31) теңдеуден мына теңдеуді аламыз:

$$\begin{aligned} &(a^2 - b^2 + pa + q)(u_n(x) \cos bx + v_n(x) \sin bx) + (2a + p)(u'_n(x) \cos bx + v'_n(x) \sin bx) + \\ &+ (2a + p)b(-u_n(x) \sin bx + v_n(x) \cos bx) + (u''_n(x) \cos bx + v''_n(x) \sin bx) + \\ &+ 2b(-u'_n(x) \sin bx + v'_n(x) \cos bx) = P_k(x) \cos bx + Q_r(x) \sin bx \quad (32) \end{aligned}$$

және теңдеудің екі жағында тұрган сәйкес  $\cos \beta x$  пен  $\sin \beta x$  функцияларының алдында тұрган коэффициенттерін теңестіріп, мына жүйені аламыз:

$$\begin{cases} (a^2 - b^2 + pa + q)u_n(x) + (2a + p)u'_n(x) + (2a + p)b v_n(x) + u''_n(x) + 2b v'_n(x) = P_k(x) \\ (a^2 - b^2 + pa + q)v_n(x) + (2a + p)v'_n(x) - (2a + p)b u_n(x) + v''_n(x) - 2b u'_n(x) = Q_r(x) \end{cases} \quad (33)$$

Сонда (30) тендеудің дербес шешімі мына түрде болады:

$$\tilde{y} = e^{ax}(u_n(x)\cos bx + v_n(x)\sin bx) \quad (34)$$

Б) егер  $a \pm bi$  саны (3), сипаттамалық тендеудің түбірі болса, яғни  $a^2 - b^2 + pa + q = 0$ ,  $2a + p \neq 0$ , онда (31) тендеу орындалуы үшін  $m=1$  болуы керек. онда (31) тендеуден мына тендеуді аламыз:

$$\begin{aligned} & (2a + p)(u_n(x)\cos bx + v_n(x)\sin bx) + 2(u'_n(x)\cos bx + v'_n(x)\sin bx) + 2b(-u_n(x)\sin bx + v_n(x)\cos bx) + \\ & + x[(2a + p)(u'_n(x)\cos bx + v'_n(x)\sin bx) + (u''_n(x)\cos bx + v''_n(x)\sin bx) + 2b(-u'_n(x)\sin bx + v'_n(x)\cos bx)] = \\ & = P_k(x)\cos bx + Q_r(x)\sin bx \end{aligned}$$

және тендеудің екі жағында тұрган сәйкес  $\cos \beta x$  пен  $\sin \beta x$  функцияларының алдында тұрган коэффициенттерін теңестіріп, мына жүйені аламыз:

$$\begin{cases} (2a + p)u_n(x) + 2u'_n(x) + 2b v_n(x) + \\ + x[(2a + p)u'_n(x) + u''_n(x) + 2b v'_n(x)] = P_k(x) \\ (2a + p)v_n(x) + 2v'_n(x) - 2b u_n(x) + \\ + x[(2a + p)v'_n(x) + v''_n(x) - 2b u'_n(x)] = Q_r(x) \end{cases} \quad (35)$$

Сонда (30) тендеуінің дербес шешімі мына түрде болады:

$$\tilde{y} = xe^{ax}(u_n(x)\cos bx + v_n(x)\sin bx) \quad (36)$$

Әрі қарай белгісіз коэффициенттер әдісін пайдаланып  $A_0, A_1, A_2, \dots, A_{n-1}, A_n, B_0, B_1, B_2, \dots, B_{n-1}, B_n$  коэффициенттерін табамыз. [9–10].

### Қорытындылар

Қарастырылып отырған «Тұрақты коэффициентті сзықтық дифференциалдық тендеулер және олардың жүйелерінің шешімдерін құру» мақаласында комплекс сандар үғымын бермей ақ осы шешімдерді қалай табуға болатындығы туралы бір әдістеме келтірілген. Ұсынылып отырған

макала [3–4] жұмыста келтірілген тұрақты коэффициентті біртекті сзықтық дифференциалдық тендеудің шешімін табу әдістемесінің жалғасы болып табылады.

### ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

- 1 Ильин, В. А., Куркин, А. В. Жоғары математика. – М. : Проспект, 2002. – 5192 б.
- 2 Красс, М. С. Экономикалық мамандықтарға арналған математика. Окулық. – М. : 1998. – 463 б.
- 3 Бугров, Я. С., Никольски, С. М. Дифференциалдық және интегралдық есептеулер. – М. : Фылым, 1980.
- 4 Пискунов, Н. С. Дифференциалдық және интегралдық есептеулер. Бөлім I, II. – М. : Фылым, 1972. – 561 б.
- 5 Сергеев, И. Н. Дифференциалдық тендеу : студенттерге арналған оқулық. – М. : ИЦ Академиясы, 2013. – 288 б.
- 6 Трикоми, Ф. Дифференциалдық тендеулер. ағылшын ауд/Ф. Трикоми. – М. : Едиториал УРСС, 2010. – 352 б.
- 7 Филиппов, А. Ф. Дифференциалдық тендеулер теориясына кіріспе. М., 2004. – 240 б.
- 8 Бейсебай, П. Б., Мухамедиев, Г. Х. Сзықтық дифференциалдық тендеудің жеке шешімдерін құрудың бір тәсілі туралы // Вестник ПГУ. «Физика-математика ғылымдары» сериясы. – № 4 2011. – 32–39 б.
- 9 Бейсебай, П. Б., Мухамедиев, Г. Х. «Тұрақты коэффициенттері бар екінші ретті сзықтық дифференциалдық тендеудің дербес шешімдерін құру» тақырыбын берудің бір әдісі туралы // Абай атындағы ҚазҰПУ Хабаршысы. «Физика-математика ғылымдары» сериясы. – 2012. – № 2(38). – 47–53 б. (ISSN 1728-7901).
- 10 Акжигитов, Е. А., Аруова, А. Б., Бейсебай, П. Б., Тилепиев М. Ш. Тұрақты коэффициенттері бар біртекті емес екінші ретті сзықтық дифференциалдық тендеудің шешу әдісі туралы // Алматы энергетика және байланыс университетінің хабаршысы. – № 2(41). – 2018. – 66–76 б.
- 11 Акжигитов, Е. А., Аруова, А. Б., Бейсебай, П. Б., Тилепиев М. Ш. Коэффициенттері тұрақты екінші ретті дифференциалдық тендеудің нақты шешімін табу туралы // Алматы энергетика және коммуникациялар университетінің хабаршысы. – № 1(44). – 2019. – 42–49 б.

REFERENCES

- 1 **Ібін, В. А., Куркін, А. В.** Zhogary matematika [Higher mathematics]. – Moscow. : Prospekt, 2002. – 5192 p.
- 2 **Красс, М. С.** Ekonomikalik mamandyqtarga arnalgan matematika [Mathematics for economic specialties]. Textbook. – Moscow. : 1998. – 463 p.
- 3 **Bugrov, Ya. S., Nikol'ski, S. M.** Differencialdyq zhöne integraldyk esepteuler [Differential and integral calculus]. – Moscow : Nauka, 1980.
- 4 **Piskunov, N. S.** Differencialdyq zhöne integraldyq esepteuler. [Differential and integral calculus]. Part I, II. – Moscow : Nauka, 1972. – 561 p.
- 5 **Sergeev, I. N.** Differencialdyq tengdeu: studentterge arnalgan оқылыш Differential equation : Textbook for students. – Moscow : IC Academy, 2013. – 288 p.
- 6 **Tricomi, F.** Differencialdyq teneuler [Differential equations] Trans. from English / F. Tricomi. –Moscow : Editorial URSS, 2010. – 352 p.
- 7 **Filippov, A. F.** Differencialdyq tengdeuler teoriyasyna kirispe. [Introduction to the theory of differential equations]. – M., 2004. – 240 p.
- 8 **Bejsebay, Р. В., Мұхамедиев, Г. Н.** Syzyqtyq differencialdyk tengdeuding zheke sheshimderin құрудың bir тәсili turaly [On one approach to the construction of partial solutions of a linear differential equation] // Vestnik PGU. Series «Physical and Mathematical Sciences». – 4'2011. – P. 32–39.
- 9 **Beisebay, Р. В., Мұхамедиев, Г. Н.** Тұрақты коэффициенттері bar ekinshi retti syzyqtyq differencialdyq tengdeuding derbes sheshimderin quru taqyrybyn beruding bir ədisi turaly [On one method of presenting the topic Construction of partial solutions of a linear differential equation of the second order with constant coefficients] // Bulletin of KazNPU named after Abay. Series «Physical and Mathematical Sciences». – 2012. – №2(38). – P. 47–53. – ISSN 1728-7901.
- 10 **Ақzhigitov, Е. А., Aruova, А. В., Bejsebay, Р. В., Tilepiev, M. Sh.** Turaqty koeficientteri bar birtekti emes ekinshi retti syzyqtuk differencialdyk teңdeudi sheshu ədisi turaly [On a method for solving an inhomogeneous second-order linear differential equation with constant coefficients] Bulletin of the Almaty University of Energy and Communications. Almaty, № 2(41). – 2018 P. 66–76.
- 11 **Ақzhigitov, Е. А., Aruova, А. В., Bejsebay, Р. В., Tilepiev, M. Sh.** Koeficientteri turaqty ekinshi retti differencialdyq tengdeuding naqty sheshimin tabu turaly [On finding a particular solution to a second-order differential equation with constant coefficients] // Bulletin of the Almaty University of Energy and Communications. Almaty, №1(44). – 2019 P. 42–49.

Басып шыгаруға 15.12.23 қабылданды.

П. Б. Бейсебай<sup>1</sup>, М. Ш. Тилепиев<sup>2</sup>, Е. А. Ақжігітіов<sup>2</sup>,

Н. Т. Исаева<sup>3</sup>, К. Д. Абдибекова<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Астана;

<sup>3</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Республика Казахстан, г. Алматы.

Принято к изданию 15.12.23.

ПОСТРОЕНИЕ РЕШЕНИЙ ЛИНЕЙНЫХ  
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА  
С ПОСТОЯННЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ И ИХ СИСТЕМ

В работе предлагаются пути построения дифференциальных уравнений второго порядка с постоянными коэффициентами и их систем, отличающиеся от традиционной методики построения этих решений. Они отличаются тем, что в них не используется понятие комплексного числа, применяемого в традиционном изложении в случае отрицательного дискриминанта характеристических уравнений дифференциального уравнения или системы уравнений. В случае однородного уравнения суть предлагаемого метода заключается в использовании при построении линейно независимых частных решений линейного уравнения второго порядка метода Бернуlli, применяемого для решения линейного уравнения первого порядка, полученный при этом алгоритм применяется и в построении решения системы однородных уравнений. В случае неоднородного уравнения с правой частью в виде произведения экспоненциальной функции и линейной комбинации косинуса и синуса с переменными коэффициентами-многочленами, частное решение уравнения определяется виа связи с корнями характеристического уравнения. В рассматриваемой задаче были четко рассмотрены пути вывода дифференциальных уравнений эффективными методами, т. е. путем сравнения с традиционным методом, выделяя пути вывода различных задач. Надеемся, что пути построения линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами второго порядка и решений их систем в дальнейшем будут широко использоваться студентами на практических занятиях и в самостоятельных работах (СРС, СРСП) при решении задач.

**Ключевые слова:** дифференциальное уравнение, система дифференциальных уравнений, характеристические уравнения, частное решение уравнения, комплексное число.

P. B. Beisebay<sup>1</sup>, M. Sh. Tilepiev<sup>2</sup>, E. A. Akzhigitov<sup>2</sup>,  
N. T. Isaeva<sup>3</sup>, K. D. Abdibekova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>L. N. Gumilov Eurasian National University, Republic of Kazakhstan, Astana;

<sup>2</sup>S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Republic of Kazakhstan, Astana;

<sup>3</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan, Almaty

Accepted for publication 15.12.23.

## CONSTRUCTION OF SOLUTIONS TO LINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS OF THE SECOND ORDER WITH CONSTANT COEFFICIENTS AND THEIR SYSTEMS

The paper suggests ways of constructing second order differential equations with constant coefficients and their systems, which differ from the traditional methods of constructing these solutions. They differ in that they do not use the concept of a complex number, used in the traditional presentation in the case of negative discriminant of the characteristic equation of the differential equation or system of equations. In the case of the homogeneous equation are proposed method is to use in the construction of linearly independent particular solutions of second order linear equation Bernoulli method used to solve the linear equation of the first order, obtained by this algorithm is applied in the construction of solutions of the system of homogeneous equations. In the case of the inhomogeneous equation with the right side as a product of the exponential function and a linear combination of sine and cosine with variable coefficients, polynomials, a particular solution is determined independently of the roots of the characteristic equation. In the problem under consideration, the methods of solving differential equations by effective methods, that is, comparing them with the traditional method, were clearly considered, highlighting the ways of solving different problems. We hope that the ways of constructing Linear Differential Equations of the constant coefficient of the second order and solutions of their systems will be widely used in the future in the process of solving problems for students in practical classes and independent work.

**Keywords:** differential equation, the system of differential equations, the characteristic equation, particular solution, the complex number.

## СЕКЦИЯ «ДИДАКТИКА ФИЗИКИ, МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ»

FTAMP 29.05.01

<https://doi.org/10.48081/GOAZ6921>

**\*А. Ж. Байқутова, Н. Д. Заурбекова**

Қазақ Ұлттық Қызылар педагогикалық университеті,  
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

e-mail: [aruzhanbaikutova13@gmail.com](mailto:aruzhanbaikutova13@gmail.com)

## ЭЛЕМЕНТАР БӨЛШЕКТЕРДІҢ ҚАСИЕТТЕРИ МЕН ҚҰРЫЛЫМЫ

Бұл мақаланың негізгі мақсаты ядролық физика және элементар болшектерді мектеп физикасында оқытудың маңыздылығының корсету. Фалымдардың осыған дейінгі зерттеулерімен үсінгаш әдебиеттеріне сүйене отырып, ядролық физика және элементар болшектердің негізгі компоненттерімен, олардың өзара әрекеттесу күшімен байланысты. Болшектер физикасының стандартты моделі, ол болшектер арасында әрекет ететін күштердің оздері болшектер алмасуымен сипатталатын біртұтас коріністі қамтамасыз етеді. Және де болшектердің пайда болуымен олардың шығу тарихы, олардың қасиеттерімен құрьылымдары көлтірілді. Ядролық физика және элементар болшектер физикасының заңдылықтарымен Резерфорд тәжірибесіне, атомның құрьылымына тоқталып, атом модельіне сипаттама берілді. Кварк модельі, бариондар қарастырылып, олардың құрьылымдарының маңыздылығы корсетілген. Кварк гипотезасының сенсациялығы кварктарға жаратының электрлік және бариондық зарядтардың болшектік сипаттында жатыр. Табигатта болатын негізгі озара әрекеттесу түрлөрі, соның ішінде гравитациялық және электромагниттік озара әрекеттесуге сипаттама берілді.

Элементар болшектерді зерттеуде соңғы уақытта ірі табигаттарға қол жетті, ол XXI ғасырдағы табигат заңдылықтарын түсініміздің негізі болып табылады. Элементар болшектердің күрделі болатындығы олардың бір-бірімен әсерлесетіндігіне байланысты, бір-бірімен әсерлесе отырып басқа бір элементар болшектерге түрленеді. Осы түрлену кезінде энергияның, импульстың және қозғалыс молшерінің заңдары, сондай-ақ арнаулы

заңдар да орындалады. Зерттеу жұмысы барысында 9-сыныптар арасында берілген білімді қорытындылау мақсатында жүргізілген сабак нәтижесі берілді. Сабак нәтижесі 9-сыныптардың білім деңгейін салыстырып, нәтижесі диаграмма түрінде көрсетілді.

**Кілтті сөздер:** электрон, позитрон, Резерфорд тәжірибесі, атом моделі, ядро, кварк, гравитация.

### Кіріспе

Элементар бөлшектер физикасы қазіргі ғылымда және табиғаттың іргелі заңдарлықтарын түсінімізде басты рөл атқарады. Оның маңыздылығы бірнеше аспектілерде көрінеді:

Әлемнің құрылымын түсіну: Бөлшектер физикасы ғаламның негізгі құрылым блоктарын және олардың өзара әрекеттесуін зерттейді. Бұл ғылым бізге материяның неден тұратынын, табиғаттың негізгі күштері қалай жұмыс істейтін және бар нәрсенің негізінде қандай процестер жатқанын түсінуге көмектеседі.

Табиғаттың негізгі заңдары: Элементар бөлшектер саласындағы зерттеулер ең кіші және ең үлкен масштабта ғаламның әрекетін сипаттайтын іргелі заңдар мен принциптерді орнатуға мүмкіндік береді. Бұл заңдар барлық басқа ғылыми пәндер үшін негіз болып табылады. Үл заңдар барлық басқа ғылыми пәндер үшін негіз болып табылады.

Технологияларды дамыту: Элементар бөлшектер физикасы үшін өзірленген көптеген технологиялар медицина, акпараттық технологиялар және энергетика сияқты басқа салаларда қолданбаларға ие. Мысал ретінде қатерлі ісікке қарсы сәулелік терапия үшін медициналық құрылыштарда қолданылатын акселератор технологиясын көлтіруге болады.

Космологиялық жұмбактарды шешу: Элементар бөлшектер физикасы бізге ғаламның пайда болуын, жұлдыздар мен галактикалардың эволюциясын және оның болашағын түсінуге көмектеседі. Бұл біздің ғаламдағы орнымызды түсіну үшін маңызды.

Эксперименттік зерттеулер: Элементар бөлшектер физикасындағы эксперименттер көбінесе ғылыми зерттеулер мен инновацияларға ықпал ететін жоғары технологиялық жабдықтар мен әдістерді әзірлеуді талап етеді.

Күшті және әлсіз күштерді біріктіру: Элементар бөлшектер физикасы табиғаттың барлық іргелі өзара әрекеттесулерін біріктіретін біртұтас теория жасауға үмтүлады. Бұл табиғаттағы барлық құбылыстарды түсіндіре алатын «барлығының теориясы» немесе «бірынғай еріс теориясы» деп аталады.

Сонымен, Элементар бөлшектер физикасы біздің дүние туралы іргелі білімімізге де, жалпы технологиялық және ғылыми прогресске де терең әсер етеді. Біздің қазіргі түсінігіміз бөлшектер физикасының стандартты модельне

енеді, ол бөлшектер арасында әрекет ететін күштердің өздері бөлшектер алмасуымен сипатталатын біртұтас көріністі қамтамасыз етеді. Айта кету керек, стандартты модель барлық ағымдағы эксперименттік деректердің сәтті сипаттамасын қамтамасыз етеді және қазіргі физиканың жеңістерінің бірі болып табылады.

### Материалдар мен әдістері

Жалпы алғанда, физика қарастырылатын энергетикалық масштабқа сәйкес физикалық жүйенің тиімді математикалық сипаттамасын беруге бағытталған және қоршаган әлем бірнеше түрлі бөлшектерден пайда болған сияқты. Атомдар – оң зарядтаған протондардан ( $p$ ) және электрлік бейтарап нейтрондардан ( $n$ ) тұратын орталық ядроның айналасында айналатын теріс зарядтаған электрондардың ( $e^-$ ) байланысқан күйлері. Электрондар ядрога қарама-карсы зарядтар арасындағы электростатикалық тартылыс арқылы байланысады, бұл электромагнетизмің іргелі теориясының, атап айтқанда кванттық электродинамиканың (QED) төмөн энергиялық көрінісі болып табылады. Периодтық кесте элементтерінің қасиеттерінің бай құрылымы нақты электронды құрылымды талап ететін кванттық механикадан туындаиды. Атом ядросында протондар мен нейтрондар бір-бірімен күшті ядролық күшпен байланысады, бұл кванттық хромодинамика (КХД) деп аталатын күшті өзара әрекеттесудің іргелі теориясының көрінісі. Бөлшектер физикасының іргелі өзара әрекеттесуі белгілі бір Радиоактивті изотоптардың ядролық  $\beta$ -ыдырауына және Күнді қоректендіретін ядролық синтез процестеріне жауап беретін әлсіз өзара әрекеттесумен аяқталады. Ядролық  $\beta$ -ыдырау кезінде де, ядролық синтезде де тағы бір бөлшектер пайда болады - массасыз дерлік электронды нейтрино ( $\nu_e$ ). Жиі кездесетін физикалық құбылыстардың барлығы электромагниттік, күшті және әлсіз күштермен әрекеттесетін Электрон, электронды нейтрино, протон және нейтрон бөлшектері түрғысынан сипаттауға болады [1].

Протонның ішкі құрылымы үшін қарапайым және ең ықтимал топология орталық электронның айналасындағы орбитадағы екі позитрон болып табылады. Электростатикалық серпіліс позитрондардың электронның қарама-карсы жағында орналасуын тудырады. Яғни, электрон екі позитронмен «күнгөн» және алынған үш дене жүйесін релятивистік шекке жақын айналатын таяқшаға үқсайды. Бұл модельдің табиги ерекшелігі протон зарядының шамасы электрон зарядының шамасына тұра болып келеді. Эрбір позитрон үшін де Броиль толқын ұзындығы

$$\lambda = h/p = n^2 \pi R \quad (1)$$

мұндағы  $R$  – позитрон орбитасының радиусы,  $h$  – Планк тұрақтысы,  $p$  – позитрондың импульс. Тұрақты  $n$  позитрон орбитасына сәйкес келетін толқын ұзындығының санын береді. Біз  $n = 1$  деп аламыз.

Сонымен, кайта реттеу,

$$p_e r R = \hbar \quad (2),$$
$$\hbar = h/2\pi.$$

Бірақ позитрондық импульс  $p_e = \gamma m_e c$  деп жазылуы мүмкін, сондықтан орбитаның тендеуі

$$\Gamma mev R = \hbar$$

болады. Протон ішіндегі зарядтың тараптуы тәжірибе жүзінде анықталған. Ол  $R = 0$  фм кезінде нөлге тең,  $R \sim 0,4$  фм кезінде максимумға дейін көтеріледі және  $R \sim 1,5$  фм кезінде нөлге дейін төмендейді. Эксперименттік белгісіздік әдетте бірнеше % құрайды. Біз бұл үлестіруді электрон мен екі позитронды білдіретін үш гаусс сыйығының қалыпқа келтірілген сомасына орнаттық. Біз ең жақсы сәйкестік мәндерін аламыз:

$$R(e^-) = 0,0 \text{ фм}, \sigma(e^-) = 0,56 \text{ фм}, R(e^+) = 0,421 \text{ фм}, \sigma(e^+) = 0,43 \text{ фм}.$$

Қараапайымдылық(және симметрия) үшін екі позитронның да  $R$  және  $\sigma$  мәні бірдей. Біз сондай-ақ протон зарядының тараптуына сәйкес келетін екі позитронға  $R$  мәндерінің сәл басқаша болуына мүмкіндік беретін сәйкестіктерді орындадық. Келесі тармақтардың барлығы жарамды болып қалады. Протонның массасын ( $m_p$ ) электронның тиімді массасын және екі позицияны есептегу арқылы алуға болады:

(3)

Электростатикалық итеру құштерімен дәл тепе-тендікте болатын ішкі тартылыс құштері бар бөлшектің меншікті массасы мына формуламен анықталады:

(4)

мұндағы  $m_0$  - бөлшектің бастапқы массасы,  $m$ -оның бақыланатын массасы,  $Q$ -оның заряды, ал  $G_0$  және  $k_0$  - бөлшектің ішіндегі ауырлық қүші мен электростатикалық құштердің білдіреді. Нүктелік бөлшек үшін  $R \sim 0$ , демек:

(5)

$m = m_e$ , электронның тыныштық массасы және  $Q = e$ , электронның заряды кезінде бұл  $=$  береді [2].

Резерфордтың  $\alpha$ -бөлшектердің шашырауын зерттеуге арналған эксперименттерінде атомның орталық белгінде өлшемдері оң зарядталған

ядро бар екендігі анықталды, оның мөлшері Атом массасының 99,96 % шоғырланған (1-сурет).

### Сурет 1 – Атомның құрылымы

Атом моделінің құрылышын аяқтау үшін мына сұраққа жауап беру керек болды: атом ядросының құрылымы бар ма, егер бар болса, қайсысы?

Ядрода оң зарядталған протон бөлшектерінің болуы 1919 жылы Резерфорд шәкірттерімен эксперименталды түрде дәлелденді. Протон латын  $p$  әрпімен белгіленетін, сутегі атомының ядросы. Оның массасы  $m=1,6726 \cdot 10^{-27}$  мен заряды электронның абсолютті зарядына  $e=1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$  тең [3].

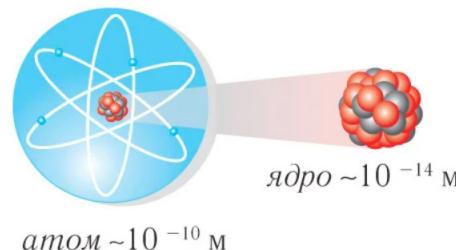
1930 жылы неміс ғалымдары Уолтер Боте және Ганс Беккер, а-бөлшектермен бериллийдің сәулеленуінде болатын реакцияларды зерттей отырып, бастапқыда бериллий сәулелері деп аталатын ете үлкен ену қабілеті бар жаңа сәулеленуді тапты. 1932 жылы ағылшын физигі Джеймс Чадвик осы сәулеленудің қасиеттерін зерттеу бойынша эксперименттер жүргізіп, бериллий сәулелері протонмен салыстырылатын массасы бар электрлік бейтарап бөлшектерден тұратындығын анықтады. Ол бұл бөлшектердің нейтрондар деп атады (ағылш. neutral-beitaram).

Нейтрон – электрон, протон және фотонмен бірге басқа бөлшек. Бұл бөлшек латынның  $n$  әрпімен белгіленеді. Оның массасы  $m=1,6726 \cdot 10^{-27}$  протонның массасына сәйкес келеді, электрлік бейтарап. Электр зарядының болмауына байланысты нейтрон затпен ете әлсіз әрекеттеседі. Нәтижесінде нейтрон кез келген атом ядросымен соқтығысқанша материяда тұзу сыйықпен қозгалады. Ауыр атомдармен соқтығысқанда нейтрон қабырғадан секірген серпімді шар сияқты энергияны жогалтпайды. Женіл атомдармен (сүтек, бериллий, көміртек) соқтығысқанда нейтрон энергиясының бір белгін оларға беріп, баяу қозгала бастайды. Құрамында женіл атомдары бар заттарды

нейтронды модераторлар деп атайды. Ең тиімді нейтрондық модераторлар сутегі атомының массасы нейтронның массасына жақын болғандықтан құрамында сутегі бар заттар (мысалы, су) болып табылады. Уақыт өте келе нейтронның кинетикалық энергиясы қоршаған орта бөлшектерінің жылулық қозғалысының кинетикалық энергиясымен бірдей болады. Салыстырмалы түрде баяу қозғалатын мұндай нейтрондар жылулық деп аталады [4].

Нейтрондар тұрақты ядролардағанда тұрақты. Еркін күйдегі нейтрон, яғни ядродан тыс орналасқан, тұрақсыз бөлшек болып табылады. Оның орташа өмір сұру уақыты  $t=886$  с.

1932 жылы нейтрондар ашылғаннан кейін физиктер – кеңестік Дмитрий Дмитриевич Иваненко мен неміс Вернер Гейзенберг ядро құрылымының протон-нейтрондық модельнің ұсынды. Бұл модель бойынша ядро екі типті бөлшектерден – протондар мен нейтрондардан тұрады (3-сурет) [5].



Сурет 2 – Атом мен ядроның құрылышы және олардың өлшемдері.

**Кварктар.** Кварктардың болуы туралы гипотеза аса іргелі бөлшектердің ең аз санының жиынтығы ретінде суперқөшшелердің адрондарын көрсету әрекеттерінен туындағы. Кварк моделі 1963 жылы пайда болды. Оны Гелл-Мани және Цвейг тәуелсіз түрде ұсынды (кварк терминін Гелл-Мани ұсынған). Кварк моделі бойынша бариондар үшін кварктан, ал мезондар кварк пен антикварктан тұрады. Кварк гипотезасының сенсациялылығы кварктарға жататын электрлік және бариондық зарядтардың бөлшектік сипаттында жатыр. Кварктардың сипаттамалары 1-кестеде көлтірілген [6].

Кесте 1 – Кварктардың сипаттамалары

Сипаттамасы	Кварктың түрі					
	$d$	$u$	$s$	$c$	$b$	$t$
Электрлік заряды $Q$	$\frac{1}{3}e$	$+\frac{2}{3}e$	$\frac{1}{3}e$	$+\frac{2}{3}e$	$-\frac{1}{3}e$	$+\frac{2}{3}e$
Изоспин $I$	1/2	1/2	0	0	0	0
Изоспин проекциясы $I_3$	-1/2	-1/2	0	0	0	0
Біртурлілік $S$	0	0	-1	0	0	0
Әсерлілік $C$	0	0	0	+1	0	0
Төмендік $B$	0	0	0	0	-1	0
Топтық $T$	0	0	0	0	0	+1
Масса ( $m^2$ )	4,1- 5,8 МэВ	1,7- 3,3 МэВ	$101^{+29}_{-21}$ МэВ	$1,27^{+0,07}_{-0,09}$ ГэВ	$4,19^{+0,18}_{-0,06}$ ГэВ	$172,0 \pm 1,6$ ГэВ

Бастапқыда үш кварк енгізілді -и, d, s. олар сол кездегі белгілі (ең жеңіл) адрондарды сипаттау үшін жеткілікті болды. Әрі қарай кварктардың тізімі алтыға дейін есті және қазіргі уақытта барлық кварктар белгілі деп саналады. Барлық кварктар «байқалды», яғни олардың бар екендігі эксперименталды түрде дәлелденді, дегенмен олар еркін күйде жоқ сияқты. 1-кестеден күшті өзара әрекеттесуге тән барлық аддитивті кванттық сандар (барлық кварктар үшін 1/3 болатын барион таңы да В-дан басқа) нақты кварктарға байланғанын көруге болады. Дәлелденді, олар үшін кварктардың изоспине ие (агылшынша down және up сөздерінен шықкан бұл кварктардың атауында изопин векторының қайда бағытталғаны көрсетіледі), біртурлілік-тек S-кварк, очарование- C-кварк, төмендіктің кванттық саны В-кварк, ал topness- T-кварк. Осы адронның кварк құрамынан көз-келген адрон үшін барлық осы кванттық сандарды анықтаудың карапайым рецепті шығады [7].

Позитрон  $e^+$  және оң зарядталған мюон  $\mu^+$  үшін көрсеткілер диаграммадағы уақыт ағынына қарсы бағытталғанын көруге болады, ейткені олар электрон  $e^-$  және теріс зарядталған мюон  $\mu^-$  үшін антибөлшек болып табылады. Сонымен қатар, екі диаграммада фотонның қатысуымен шындарға екі түзу және бір толқынды сызық кіреді. Фотонның өзі электрлік бейтарап, сондықтан ол өзімен тікелей әрекеттеспейді, ал басқа шындардың түрлері ол үшін мүмкін емес [8].

Негізгі өзара әрекеттесулер және олардың тасымалдаушылары.

Табиғатта барлығы торт негізгі өзара әрекеттесу бар: күшті, әлсіз, гравитациялық және электромагниттік.

## Кесте 2 Негізгі өзара әрекеттесулер

Әрекеттесу түрлері	Әрекеттесу тасымалдау шысы	Өзара әрекеттесуге қатысушылар	Салыстырымалы қарқындылық	Өзара әрекеттестіктің ролі
Гравитациялық	Гравiton	Барлық бөлшектер	1	мегаәлемнің болуы
Электромагниттік	Фотон (Y)	Барлық зарядталған бөлшектер	$10^{36}$	Макроәлемнің болуы
Әлсіз	Векторлық бозондар ( $W^+, W^-, Z^0$ )	Фотоннан басқа барлық бөлшектер	$10^{32}$	Ядролардың ұзындықтарауы, элементар бөлшектердің түрленуі
Күшті	Глюон (g)	Адрондар	$10^{38}$	Ядролардың болуы

Гравитациялық әрекеттесу. Гравитациялық әсерлесуге қатысты заряд гравитациялық масса болып табылады, ол барлық заманауи модельдер шенберінде инерциялық массамен сәйкес келеді және энергиясы бар барлық объектілер оған ие. Гравитациялық әрекеттесу радиусы ұзақ диапазонды білдіреді – бұл жартылай классикалық асимптотикада үлкен қашықтықтағы потенциалдық энергия тек  $\frac{1}{r}$  ретінде төмендейді және бұл өте баяу.

Динамикада бұл кез келген қашықтықта зерттелетін жүйе гравитациялық өзара әрекеттесетін еki объектіден тұратын болса, радиусты елемеуге болмайтынын білдіреді. Гравитациялық әсерлесудің қарқындылығы өте аз [9].

Электромагниттік өзара әрекеттесу теориясы (электродинамика – ED, кванттық электродинамика – QED) жеткілікті ұзақ уақыт бойы әзірленген және жақсы болғаны сонша, оны сәулеленудің затпен электромагниттік әрекеттесуінен туындайтын көптеген мәселелерге қолдануға болады. Кез келген эксперименталды тексеру кезінде бұл теорияның болжамдары эксперименттік қателер мен математикалық жуықтаулар шегінде расталды. Электр заряды бар барлық бөлшектер мен фотондар арасында электромагниттік әсерлесулер болады. Оларды әрекеттесу сөтінде фотондардың алмасуы немесе фотондардың жұтылуы мен сәулеленуі нәтижесінде қарастыруға болады. Процестің қарқындылығын анықтайтын

әрекеттесу константасы электромагниттік әрекеттесу жағдайында  $e^2$  зарядының квадраты немесе  $e^2$ -ге пропорционал өлшемсіз шама болып табылады:

$$a_{em} = \frac{e^2}{\lambda_c mc^2} = \frac{e^2}{hc} \approx \frac{1}{137} \ll 1! \quad [10].$$

## Қорытынды

Элементар бөлшектер физикасы микроәлемнің құрылымын және элементар бөлшектердің өзара әрекеттесуін зерттеуге кіріспе болып табылады. Бұл курс барысында оқытушылар білім алушыларға құрделі ұғымдар мен принциптерді түсінуге көмектесу үшін әртүрлі әдістерді пайдалана алды. Біздің практика бойынша дәрістер, зертханалық жұмыстар, талқылаулар және компьютерлік модельдеу әдістері колданылды. Бұл әдістерді оку бағдарламасына және курстың қындық деңгейіне байланысты біріктіруге және бейімдеуге болады. Олар білім алушылардың элементар бөлшектер физикасы туралы түсінігін тереңдетуге және осы салада талдау және зерттеу дағдыларын дамытуға көмектеседі.

Қалыптастыруыш эксперимент кезеңінде «Ядролық физика және элементар бөлшектер» курсын орта мектепте оқыту негізінде 9 «А», 9 «Ә», 9 «Б» сыныптарына бақылау жүргізілді. Оқушыларға жаңа біліммен қатар қосымша тапсырмалар (есеп, тест, әдістер арқылы) берілді. Және соңғы сабактан алынған нәтиже бойынша 9-сыныптар арасында анализ жасалды. Соның нәтижесінде 9 «А», 9 «Ә», 9 «Б» сыныптары бойынша: 9 «А» сыныбында төмен баллды 2 оқушы, орташа баллды 15 оқушы, жоғары баллды 11 оқушы алды. Ал 9 «Ә» сыныбында төмен–0, орташа–18, жоғары–10, 9 «Б» төмен–3, орташа–13, жоғары–9 балл болды.

## Кесте 3 – Сыныптар арасында оқушылардың білім деңгейлері

№	Сыныптар	Денгейлер		
		Жақсы	Орташа	Төмен
1	9 «А» сыныбы	11	15	2
2	9 «Ә» сыныбы	10	18	0
3	9 «Б» сыныбы	9	13	3

Мектеп физика курсында 9-10-11 сыныптарға «Ядролық физика» бөлімі бойынша сабак жүргізілді. Қорытынды сабак бойынша нәтиже диаграммада көрсетілген: 9-сыныптардың өткізілген сабак нәтижесі

Диаграммаларды салыстыру нәтижесінен оқушылардың білім деңгейлерінің аңғаруға болады. Сыныптар арасында «Ядролық физика

және элементар бөлшектер» курсы бойынша алған білімдері педагогикалық практикан өтү барысында қолданылды.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

- 1 Particle Data Group // Phys. Rev. – D 98. – 3 (2018).
- 2 Капитонов, И. М. Введение в физику ядра и частиц. – 4-е изд., – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010.
- 3 Кобякин, А. С. //: Введение в физику элементарных частиц. – М. : МФТИ, 2018.
- 4 Парфенов, К. В. //: Введение в физику элементарных частиц. Часть 1. Физфак МГУ.
- 5 Голощапов, В. Физика элементарных частиц материи. – 2016. – [Электронды ресурс]. – www.landing/superizdatelstvo.ru.
- 6 Кузнецов, С. И. Курс физики с примерами решения задач. Часть III. Оптика. Основы атомной физики и квантовой механики. Физика атомного ядра и элементарных частиц : Учебное пособие / С. И. Кузнецов. – СПб. : Лань, 2015.
- 7 Окунь, Л. Б. Физика элементарных частиц / Л. Б. Окунь. – М. : ЛКИ, 2014.
- 8 Савельев, И. В. Курс общей физики. В 5 т. Т. 5. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / И. В. Савельев. – СПб. : Лань, 2011.
- 9 Бояркин, О. М. Физика частиц – 2013 : Квантовая электродинамика и Стандартная модель / О. М. Бояркин, Г. Г. Бояркина. – М. : КД ЛиброМ, 2015.
- 10 Окунь, Л. Б. Физика элементарных частиц / Л. Б. Окунь. – М. : Ленанд, 2018.

Басып шыгаруға 15.12.23 қабылданды.

## REFERENCES

- 1 Particle Data Group, Phys. Rev. D 98, 3 (2018).
- 2 Kapitonov, I. M. Vvedenie v fiziku elementarnykh chasticz [Introduction to the physics of nuclei and particles]. – 4th ed., – Moscow : FIZMATLIT, 2010.
- 3 Kobyakin, A. S. Vvedenie v fiziku elementarnykh chasticz. [Introduction to elementary particle physics]. – Moscow : MIPT, 2018.

4 Parfenov, K. V. Vvedenie v fiziku elementarnykh chasticz [Introduction to elementary particle physics]. Part 1. Physics Department of Moscow State University.

5 Goloshchapov, V. Fizika elementarnykh chasticz materii [Physics of elementary particles of matter]. – 2016. – [Electronic resource]. – www.landing/superizdatelstvo.ru.

6 Kuznetsov, S. I. Kurs fiziki s primerami resheniya zadach. Chast' III. Optika. Osnovy atomnoj fiziki i kvantovoj mehaniki. Fizika atomnogo yadra i elementarnykh chasticz : Uchebnoe posobie [Physics course with examples of problem solving. Part III. Optics. Fundamentals of atomic physics and quantum mechanics. Physics of the atomic nucleus and elementary particles : Textbook] / S. I. Kuznetsov. – St. Petersburg : Lan, 2015.

7 Okun, L. B. Fizika elementarnykh chasticz [Physics of elementary particles] / L. B. Perch. – Moscow : LKI, 2014.

8 Savelyev, I. V. Kurs obshhej fiziki. V 5 t. T. 5. Kvantovaya optika. Atomnaya fizika. Fizika tverdogo tela. Fizika atomnogo yadra i elementarnykh chasticz [General physics course. In 5 volumes. Volume 5. Quantum optics. Atomic physics. Solid state physics. Physics of the atomic nucleus and elementary particles] / I. V. Savelyev. – St. Petersburg : Lan, 2011.

9 Boyarkin, O. M. Fizika chasticz – 2013 : Kvantovaya elektrodinamika i Standartnaya model' [Particle Physics – 2013 : Quantum Electrodynamics and the Standard Model] / O. M. Boyarkin, G. G. Boyarkina. – Moscow : KD Librocom, 2015.

10 Okun, L. B. Fizika elementarnykh chasticz [Physics of elementary particles] / L. B. Perch. – Moscow : Lenand, 2018.

Accepted for publication 15.12.23.

\*А. Ж. Байқутова, Н. Д. Заурбекова

Казахский национальный женский педагогический университет,  
Республика Казахстан, г. Алматы.  
Принято к изданию 15.12.23.

## СВОЙСТВА И СТРУКТУРА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Основная цель данной статьи – показать важность преподавания ядерной физики и элементарных частиц в школьной физике. На основе литературы, представленной учеными с их предыдущими исследованиями, ядерная физика связана с основными компонентами элементарных частиц, силой их взаимодействия.

Стандартная модель физики элементарных частиц, которая обеспечивает единое представление о силах, действующих между частицами, сама по себе характеризуется обменом частицами. А с появлением частиц давалась история их происхождения, их свойства и структуры. С помощью законов ядерной физики и физики элементарных частиц были описаны эксперимент Резерфорда, строение атома и описание атомной модели. Рассмотрены кварковая модель, барионы и показана важность их структур. Сенсационность кварковой гипотезы заключается в корпуксуллярной природе электрических и барионных зарядов, принадлежащих квarks. Описаны основные виды взаимодействий, происходящих в природе, в том числе гравитационное и электромагнитное.

В последнее время большой прогресс достигнут в изучении элементарных частиц, что является основой нашего понимания законов природы в XXI веке. Тот факт, что элементарные частицы являются сложными, обусловлен тем, что они взаимодействуют друг с другом, они превращаются в другие элементарные частицы, взаимодействуя друг с другом. При этом преобразовании также действуют законы энергии, импульса и импульса, а также специфические законы. В ходе исследовательской работы были приведены результаты урока, проведенного с целью обобщения полученных знаний среди 9-классников. Результат урока сравнивался с уровнем образования девятиклассников и отображался в виде диаграммы.

Ключевые слова: электрон, позитрон, эксперимент Резерфорда, модель атома, ядро, квark, гравитация.

\*A. Zh. Baikutova, N. D. Zaurbekova

Kazakh National Women's Teacher Training University,  
Republic of Kazakhstan, Almaty.

Accepted for publication 15.12.23.

## PROPERTIES AND STRUCTURE OF ELEMENTARY PARTICLES

The main purpose of this article is to show the importance of teaching nuclear physics and elementary particles in school physics. Based on the literature presented by scientists with their previous research, nuclear physics is concerned with the basic components of elementary particles, the strength of their interactions. The Standard Model of particle physics, which provides a unified view of the forces acting between particles, is

itself characterized by particle exchange. And with the appearance of particles, the history of their origin, their properties and structure was given. Using the laws of nuclear and particle physics, Rutherford's experiment, the structure of the atom, and the description of the atomic model were described. The quark model and baryons are considered and the importance of their structures is shown. The sensational nature of the quark hypothesis lies in the corpuscular nature of the electric and baryon charges belonging to quarks. The main types of interactions occurring in nature, including gravitational and electromagnetic, are described.

Recently, great progress has been made in the study of elementary particles, which is the basis of our understanding of the laws of nature in the 21st century. The fact that elementary particles are complex is due to the fact that they interact with each other; they turn into other elementary particles by interacting with each other. During this transformation, the laws of energy, momentum and impulse, as well as specific laws, also apply. During the research work, the results of a lesson conducted to generalize the knowledge gained among 9th graders were presented. The result of the lesson was compared with the level of education of ninth graders and displayed in the form of a diagram.

Keywords: electron, positron, Rutherford experiment, atomic model, nucleus, quark, gravity.

\*Б. Ж. Жарлықасов, А. А. Алимбаев,  
М. У. Калжанов, О. С. Телегина

Костанайский региональный университет имени Ахмета Байтурсынова,  
Республика Казахстан, г. Костанай

\*e-mail: [bakhtiyarzbj@gmail.com](mailto:bakhtiyarzbj@gmail.com)

## СОВРЕМЕННЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ МЕТОДЫ В ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ И ФИЗИКЕ: ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ PYTHON

Современные технологии радикально преобразуют процесс обучения, особенно в таких науках, как математика и физика. Одним из ключевых инструментов, способствующих этому изменению, является Python, высокоглавневый язык программирования, широко используемый в научных и образовательных целях. В статье подробно рассматриваются примеры использования Python и его библиотек в обучении математическим и физическим концепциям.

В области математики Python предлагает множество библиотек, включая NumPy, SciPy и Matplotlib, которые могут использоваться для проведения вычислений, анализа данных и визуализации результатов. Эти возможности делают изучение математических концепций более понятным и интерактивным для студентов.

В области физики Python может использоваться для моделирования физических систем и проведения численных экспериментов. Благодаря своей гибкости и мощности, Python позволяет студентам решать сложные физические уравнения и визуализировать динамику физических систем. Библиотека Qiskit представляет собой отличный инструмент для изучения квантовых вычислений, обеспечивая доступ к симуляторам квантовых компьютеров.

С учетом этих преимуществ Python выступает важным инструментом в современном обучении, помогая студентам развивать навыки критического мышления, решения проблем и понимания сложных научных концепций. Эта статья демонстрирует, как Python может улучшить обучение математике и физике, делая его более интерактивным и эффективным.

**Ключевые слова:** Python, обучение, математика, физика, компьютерные методы, моделирование, NumPy, SciPy, Matplotlib, Qiskit.

### Введение

В настоящее время информационные технологии проникают во все сферы нашей жизни, включая образование. Возможности, которые предоставляет современная компьютерная техника, позволяют нам не только упростить и ускорить обучение, но и делать его более наглядным и интересным.

Для начала стоит отметить работу Virtanen P. и соавторов, которая представляет библиотеку SciPy – основной инструмент для научных вычислений в Python [1]. В то же время, статья Harris C. R. и его коллег подробно описывает применение библиотеки NumPy для работы с массивами данных [2].

Программное обеспечение для радиоинтерферометрии было представлено в работе Chael A. A. и соавторов, которое позволяет выполнять анализ изображений и симуляции в рамках астрофизических исследований [3]. Этот подход демонстрирует, как Python может быть использован в качестве инструмента для специализированного анализа данных.

В статье Pivarski, Elmer и Lange были рассмотрены «Awkward Arrays», как инструмент для работы с нетипичными структурами данных в Python, C++ и Numba [4]. Этот подход позволяет увидеть возможности Python в обработке и анализе сложных структур данных.

С точки зрения образовательного процесса, работы Thomas и Christensen выделяются применением Python для обучения математике, физике и акустике [5]. Их подход позволяет более наглядно демонстрировать сложные математические и физические концепции.

Продукт Jupyter Notebooks был представлен в работе Kluyver и соавторов как формат, позволяющий создавать воспроизводимые вычислительные процессы [6]. Это особенно полезно в обучении, так как позволяет студентам взаимодействовать с кодом и данными напрямую.

Meurer A и соавторы представили SymPy, библиотеку для символьных вычислений в Python, что может быть полезно при решении сложных математических задач [7].

В статье Deb, D описываются два полезных инструмента Python и их применение в физике [8], а Peterson и соавторы рассказывают о символическом решении уравнений движения для систем многих тел [9].

Этот обзор подтверждает тенденцию использования Python как инструмента для облегчения процесса обучения. Библиотека Xarray

предлагает многомерные маркированные массивы и наборы данных в Python, что значительно облегчает работу с данными различных измерений [10].

В этой статье мы рассмотрим, как современные компьютерные методы, в частности, использование Python, могут быть использованы в обучении математике и физике. Мы увидим, как Python и его различные библиотеки могут помочь студентам более глубоко понять математические и физические концепции и провести интересные и образовательные эксперименты.

## Материалы и методы

### Материалы

Для использования Python в обучении математике и физике потребуются следующие материалы:

- Python: Python – это высокоуровневый, интерпретируемый язык программирования, который отлично подходит для научных вычислений. Его простой синтаксис и богатый экосистема библиотек делают его отличным инструментом для обучения математике и физике.

- Python библиотеки: Важными компонентами экосистемы Python являются библиотеки, такие как NumPy, SciPy, Matplotlib и Qiskit, которые предоставляют инструменты для математических вычислений, численного решения уравнений, визуализации и квантовых вычислений соответственно.

### Методы

- Интерактивное обучение: Python позволяет студентам изучать математические и физические концепции в интерактивной среде. Студенты могут изменять код и наблюдать за изменениями в результатах в реальном времени, что делает обучение более динамичным и интересным.

- Моделирование и визуализация: Python и его библиотеки позволяют студентам моделировать различные математические и физические явления, а также визуализировать результаты этих моделей. Это помогает студентам лучше понимать абстрактные концепции.

- Решение задач: Python может быть использован для решения широкого спектра математических и физических задач, включая, но не ограничиваясь, задачами линейной алгебры, дифференциальными уравнениями и квантовыми вычислениями.

- Самостоятельная работа: Python поддерживает самостоятельное изучение, поскольку студенты могут самостоятельно искать информацию, экспериментировать с кодом и решать задачи.

Сочетание этих методов и материалов помогает создать современное и эффективное обучение математике и физике, в котором Python играет важную роль.

## Использование Python в обучении математике

Python предлагает множество библиотек, таких как NumPy, SciPy и Matplotlib, которые могут быть использованы для обучения математическим концепциям. Эти библиотеки позволяют студентам заниматься вычислениями, анализом данных и визуализацией результатов, что делает математику более понятной и интересной.

С помощью Matplotlib, студенты могут визуализировать функции и данные, что помогает в понимании концепций, таких как функции, графики, статистика и вероятность.

Давайте рассмотрим конкретный пример использования Python для решения математических задач. В этом примере мы будем использовать библиотеки NumPy и Matplotlib для вычисления и визуализации функции.

Допустим, мы хотим исследовать функцию  $y = x^2$ , построить её график и найти значение функции при  $x = 5$ .

Сначала необходимо импортировать библиотеки:

```
import numpy as np  
import matplotlib.pyplot as plt
```

Далее, определим диапазон значений  $x$  и вычислим соответствующие значения  $y$ :

```
x = np.linspace(-10, 10, 100) # 100 значений x от -10 до 10  
y = x ** 2 # вычисляем y для каждого x
```

Теперь, когда у нас есть значения  $x$  и  $y$ , мы можем построить график функции:

```
plt.plot(x, y)  
plt.xlabel('x')  
plt.ylabel('y')  
plt.title('y = x^2')  
plt.grid(True)  
plt.show()
```

Чтобы найти значение функции при  $x = 5$ , просто подставим значение в функцию:

```
x_value = 5  
y_value = x_value ** 2  
print(f'Значение функции y = x^2 при x = {x_value} равно {y_value}')
```

Этот код выведет: «Значение функции  $y = x^2$  при  $x = 5$  равно 25». И будет получен график, как показано на рисунке 1.

```
y = odeint(model, y0, t)
```

Теперь визуализируем результат:

```
plt.plot(t, y)
plt.xlabel('time')
plt.ylabel('y(t)')
plt.title('Радиоактивный распад')
plt.grid()
plt.show()
```

Результат визуализации показан в качестве графика, на рисунке 2.

Рисунок 1 – График функции  $y = x^2$

Таким образом, мы использовали Python для визуализации функции и вычисления её значения. Именно такие возможности Python делают его мощным инструментом для обучения математики.

Давайте решим и визуализируем простое дифференциальное уравнение первого порядка, описывающее радиоактивный распад.

Уравнение описывает процесс распада:

$$\frac{dy}{dt} = -k*y$$

где  $y$  - количество вещества,  $t$  - время,  $k$  - константа распада.

Сначала импортируем необходимые библиотеки:

```
import numpy as np
from scipy.integrate import odeint
import matplotlib.pyplot as plt
```

Определяем функцию, которая представляет дифференциальное уравнение:

```
def model(y, t):
    k = 0.3
    dydt = -k * y
    return dydt
```

Устанавливаем начальные условия и задаем диапазон времени:

```
y0 = 5
t = np.linspace(0, 20)
```

Решаем дифференциальное уравнение:

Рисунок 2 – График радиоактивного распада

На графике вы увидите, как количество вещества уменьшается с течением времени, что соответствует ожидаемому поведению радиоактивного распада.

#### Использование Python в обучении физике

В области физики, Python может быть использован для моделирования физических систем и проведения численных экспериментов. Библиотеки, такие как SciPy и matplotlib, могут быть использованы для моделирования и анализа механического движения, электромагнитных, термодинамических и квантовых явлений.

Рассмотрим простой пример моделирования движения подброшенного вверх тела с использованием Python. В физике это называется одномерным равномерно ускоренным движением.

Использовались библиотеки NumPy и Matplotlib. Первая позволит нам работать с массивами данных и проводить необходимые вычисления, а вторая поможет визуализировать результаты.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
# Начальные условия
v0 = 20.0 # начальная скорость, м/с
g = 9.81 # ускорение свободного падения, м/с2
t = np.linspace(0, 2*v0/g, num=1000) # массив времени
# Функция для расчета высоты в зависимости от времени
def height(t, v0, g):
    return v0*t - 0.5*g*t**2
# Расчет высоты
h = height(t, v0, g)
# Визуализация результатов
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(t, h)
plt.title('Моделирование движения подброшенного вверх тела')
plt.xlabel('Время, с')
plt.ylabel('Высота, м')
plt.grid(True)
plt.show()
```

Результат визуализации показан в качестве графика, на рисунке 3.

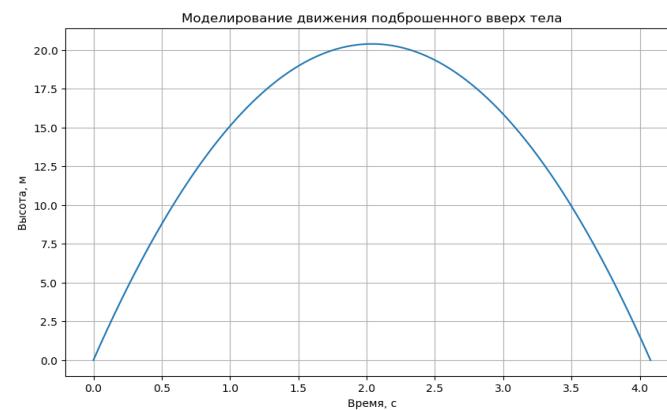


Рисунок 3 – График моделирования движения подброшенного вверх тела

В этом примере мы задали начальную скорость подброшенного тела  $v_0$  и ускорение свободного падения  $g$ . Далее мы создали массив времени  $t$ , который идет от 0 до момента времени, когда тело достигает земли. Затем мы определили функцию  $height$ , которая возвращает высоту тела в зависимости от времени. Мы использовали эту функцию для расчета высоты  $h$  в каждый момент времени  $t$ . Наконец, мы визуализировали результаты на графике, где по оси X откладывается время, а по оси Y – высота тела.

Таким образом, Python представляет собой мощный инструмент для обучения математике и физике. Он позволяет студентам проводить интерактивные эксперименты, визуализировать результаты и получать глубокое понимание различных математических и физических концепций. Важно отметить, что эффективное использование Python в обучении требует не только знания языка программирования, но и понимания самой науки.

### Результаты и обсуждение

За последние годы использование Python в обучении математике и физике продемонстрировало заметные результаты. Учащиеся, которые использовали этот язык программирования в качестве дополнительного образовательного ресурса, показали повышение интереса к изучаемым дисциплинам, улучшили своё понимание сложных концепций и увеличили академические достижения.

Python позволяет учащимся применять теоретические знания на практике, что облегчает процесс освоения материала. Особенно это важно в случае с физикой, где абстрактные понятия и сложные уравнения могут быть визуализированы и проанализированы с помощью компьютерного моделирования. Это делает процесс обучения более интерактивным и захватывающим.

Использование Python в обучении математике и физике открывает новые перспективы и создает более глубокое понимание этих дисциплин. Результаты использования Python в учебном процессе показывают ряд преимуществ:

1 Повышение интереса к изучаемым дисциплинам: Использование интерактивных программных средств, таких как Python, может увлечь студентов, поскольку они могут применять изученные теоретические знания на практике, выполнять реальные расчеты и визуализировать результаты.

2 Улучшение понимания сложных концепций: Возможность визуализации математических и физических процессов с помощью Python упрощает понимание сложных концепций и формул. Визуализация данных и графиков помогает студентам лучше усваивать и запоминать информацию.

3 Развитие навыков программирования: Использование Python в обучении математике и физике способствует развитию навыков программирования, что является важным аспектом современного образования.

Однако несмотря на все преимущества использования Python в образовательном процессе, есть и некоторые ограничения. Прежде всего, эффективное использование этого инструмента предполагает наличие определенного уровня навыков программирования у учащихся и учителей. Без этих навыков применение Python может стать сложным и затруднить обучение, а не облегчить его.

В любом случае, преимущества использования Python в обучении математике и физике делают его мощным инструментом, способствующим развитию современного образования. Этот подход требует дальнейшего изучения и развития, но уже сейчас он предлагает множество возможностей для улучшения процесса обучения и понимания сложных научных концепций.

В заключение, Python представляет большие возможности для современного образования. При правильном использовании он может быть мощным средством для улучшения качества обучения математике и физике, повышения интереса учащихся к этим дисциплинам и подготовки их к будущей профессиональной деятельности.

#### Выходы

Использование современных компьютерных методов и технологий, таких как Python, может значительно улучшить процесс обучения математике и физике. Благодаря своим мощным библиотекам для научных вычислений и визуализации данных, Python становится важным инструментом в руках учащихся и преподавателей.

1 Математика: Библиотеки Python, такие как NumPy и Matplotlib, позволяют студентам визуализировать и экспериментировать с математическими концепциями. Это помогает в усвоении абстрактных тем и делает обучение более интерактивным и увлекательным.

2 Физика: Python используется для моделирования физических систем и проведения численных экспериментов и в качестве элемента виртуальных лабораторных работ. Это даёт возможность студентам проводить практические работы, позволяющие лучше понять и изучить физические явления.

3 Программирование: Овладение Python не только развивает навыки программирования у студентов, но и помогает им в изучении таких наук как математика и физика. Они получают возможность применять теоретические знания на практике и видеть наглядные результаты своих действий.

Таким образом, использование Python в обучении математике и физике – это перспективный подход, который способствует активному обучению и улучшает понимание сложных научных концепций. При этом необходимо помнить, что эффективное использование этих технологий требует сочетания компьютерных навыков и глубокого понимания математических и физических принципов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Virtanen, P., Gommers, R. SciPy 1.0 : fundamental algorithms for scientific computing in Python // Nature Methods. – 2020. – 261–272 C. – <https://doi:10.1038/s41592-019-0686-2>.
- 2 Harris, C. R., Millman, K. J., van der Walt, S.J. et al. Array programming with NumPy // Nature. – 2020. – №585. – 357–362 C. – <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2649-2>.
- 3 Chael, A. A. et al. ehtim: imaging, analysis, and simulation software for radio interferometry // Astrophysics Source Code Library. – 2019. – [Электронный ресурс]. – <https://ascl.net/1904.004>.
- 4 Pivarski, J., Elmer, P., Lange, D. Awkward Arrays in Python, C++, and Numba. EPJ Web Conf., 245. – 2020. – 05023, <https://doi.org/10.1051/epjconf/202024505023>.
- 5 Derek C. Thomas, Benjamin Y. Christensen Using Python to teach mathematics, physics, and acoustics // The Journal of the Acoustical Society of America. – 2014. – 135. – 2159 C. – <https://doi:10.1121/1.4877003>.
- 6 Kluyver, T., Ragan-Kelley, B. et al. Jupyter Notebooks-a publishing format for reproducible computational workflows // This article is published online with Open Access by IOS Press and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License. – 2016. – 87–90 cc. <https://doi:10.3233/978-1-61499-649-1-87>.
- 7 Meurer A, Smith CP, Paprocki M, Čertík O, Kirpichev SB, Rocklin M, Kumar A. SymPy: symbolic computing in Python // PeerJ Computer Science 3:e103. – [https://doi.org/10.7717/peerj-cs.103, 2017](https://doi.org/10.7717/peerj-cs.103).
- 8 Deb, D. Two useful Python tools and their application in Physics. Research Square. – 2021. – <https://doi:10.21203/rs.3.rs-1004075/v1>.
- 9 Peterson, D. L., Gede, G., Hubbard, M. Symbolic linearization of equations of motion of constrained multibody systems [Текст] // Multibody Syst Dyn, 33. – 2015. – 143–161 p. – <https://doi.org/10.1007/s11044-014-9436-5>.
- 10 Hoyer, S., Hamman, J., N-D. labeled Arrays and Datasets in Python [Текст] // Journal of Open Research Software. – 2017. – 5(1). – 10 C. – <https://doi.org/10.5334/jors.148>.

\***Б. Ж. Жарлықасов, А. А. Алимбайев, М. У. Калжанов, О. С. Телегина**  
Ахмет Байтұрсынов атындағы Қостанай өнірлік университеті,  
Қазақстан Республикасы, Қостанай қ.  
Басып шығаруға 15.12.23 қабылданды.

## МАТЕМАТИКА МЕН ФИЗИКАНЫ ОҚЫТУДАҒЫ ЗАМАНАУИ КОМПЬЮТЕРЛІК ӘДІСТЕР: PYTHON БАҒДАРЛАМАЛАУ ТІЛІН ҚОЛДАНУ МЫСАЛДАРЫ

Заманауи технологиялар оқу процесін түбөгейлі өзгертеді, әсіресе математика және физика сияқты ғылымдарда. Бұл өзгеріске ықпал ететін негізгі құралдардың бірі—Python, ғылыми ізденісте және білім беру мақсатында кеңінен қолданылатын жоғары деңгейлі бағдарламалау тілі. Мақалада Python және оның кітапханаларын математикалық және физикалық үзілістің оқытуда қолдану мысалдары ескейтегілі қарастырылады.

Математика саласында Python көптеген кітапханаларды ұсынады, соның ішінде NumPy, SciPy және Matplotlib, оларды есептеу, деректерді талдау және нәтижелерді визуализациялау үшін пайдалануга болады. Бұл мүмкіндіктер математикалық үзілістің үйренуді студенттер үшінн түсінікті және интерактивті етеді.

Физика саласында Python физикалық жүйелерді модельдеу және сандық эксперименттер жүргізу үшін қолданыла алады. Икемділігі мен қуатының арқасында Python студенттерге курделі физикалық теңдеулерді шешуге және физикалық жүйелердің динамикасын елестетуге мүмкіндік береді. Qiskit кітапханасы кванттық компьютер тренажерлеріне қол жеткізуге мүмкіндік беретін кванттық есептеулерді үйренудің тамаша құралы болып табылады.

Осы артықшылықтарды ескере отырып, Python студенттерге сыни ойлау, мәселелерді шешу және курделі ғылыми тұжырымдамаларды түсіну дагдыларын дамытуға комектесетін заманауи оқытудың маңызды құралы болып табылады. Бұл мақалада Python математика мен физиканы оқытууды қалай жақсартпа алғышындығы, оны интерактивті және тиімді ететіндігін көрсетілген.

Кілтті сөздер: Python, оқыту, математика, физика, компьютерлік әдістер, модельдеу, NumPy, SciPy, Matplotlib, Qiskit.

\***B. Zh. Zharlykasov, A. A. Alimbayev, M. U. Kalzhanov, O. S. Telagina**  
Kostanay Regional University named after Akhmet Baitursynov,  
Republic of Kazakhstan, Kostanay.  
Accepted for publication 15.12.23.

## MODERN COMPUTER METHODS IN TEACHING MATHEMATICS AND PHYSICS: EXAMPLES OF USING PYTHON

The advent of modern technology is dramatically transforming the learning process, particularly in the fields of mathematics and physics. A key tool facilitating this transformation is Python, a high-level programming language widely employed for scientific and educational purposes. This article offers a detailed exploration of the application of Python and its libraries in teaching mathematical and physical concepts. In the realm of mathematics, Python provides numerous libraries, including NumPy, SciPy, and Matplotlib, that can be utilized for computations, data analysis, and visualization of results. These capabilities render the understanding of mathematical concepts more comprehensible and interactive for students. In the field of physics, Python can be used for the simulation of physical systems and the conduct of numerical experiments. With its flexibility and power, Python enables students to solve complex physical equations and visualize the dynamics of physical systems. The Qiskit library serves as an excellent tool for exploring quantum computing, providing access to quantum computer simulators. Given these advantages, Python emerges as a critical tool in contemporary learning, assisting students in developing critical thinking, problem-solving, and understanding complex scientific concepts. This article illustrates how Python can enhance the teaching of mathematics and physics, making it more interactive and effective.

**Keywords:** Python, education, mathematics, physics, computer methods, modeling, NumPy, SciPy, Matplotlib, Qiskit.

**\*К. Сембаев, К. А. Нурумжанова**

Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар  
\*e-mail: [sembaeva.kymbat@mail.ru](mailto:sembaeva.kymbat@mail.ru)

## **КОНСТРУИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНО-КОНТЕКСТНОГО ПОДХОДА**

Актуальность исследования обусловлена возрастанием роли рыночного фактора в подготовке специалистов современного типа, а также одним из современных трендов модернизации содержания курса физики и других естественно-научных дисциплин. В данной статье исследованы дидактические и методические возможности контекстного подхода к изучению физических дисциплин в профессионально-техническом образовании. Общеизвестно, что в модернизации на первый план выдвинулись требования к практической применимости полученных знаний, причем на уровне сформированных навыков, привязанных к конкретным рабочим местам. Особенностью разработанного контекстного подхода к конструированию технологии является применение методов и средств когнитивной дидактики на основе категориального подхода к дидактическому содержанию дисциплины. Целью статьи является исследование и создание опыта разработки и апробации контекстной технологии изучения темы «Эффект Александрова». Теоретической основой исследования является когнитивный конструктивизм Ж. Пиаже, а также научные исследования школы А. А. Вербицкого. Результаты исследования: 1) дана интерпретация современного понимания контекстного принципа как средства реализации когнитивной дидактики, обеспечивающего связь результатов обучения с конкретными рабочими местами 2) разработан когнитивный дидактический контент по теме Эффект Александрова.

**Ключевые слова:** контекстный подход, когнитивная концепция дидактики; категория физические эффекты, эффект Александрова, методическая система.

## **Введение**

Актуальность темы обусловлена тем, что в настоящее время существует определенный дисбаланс между спросом предприятий регионального рынка труда на квалифицированных специалистов, обладающих необходимыми профессиональными компетенциями в конкретной области деятельности, с одной стороны, и ограниченными возможностями высших учебных заведений удовлетворить этот спрос, с другой. Одной из причин является то, что обучающиеся не проявляют должной мотивации к освоению знаний, умений и навыков по определенным предметам, не зная будущего рабочего места. В контекстном подходе обучение ведется в контексте будущей профессиональной деятельности. Модернизация учебного процесса в профессиональном образовании направлена на формирование у выпускников вузов и колледжей конкурентных преимуществ, необходимых для их успешной социализации на рынках труда и образования. На наш взгляд, модернизация возможна при оптимальном контекстном обновлении дидактического содержания физико-математических и общетехнических дисциплин, а также технологий обучения. В данном исследовании были актуализированы два направления модернизации: 1) функциональная грамотность специалиста, на основе формирования твердых (hard) практических навыков, необходимых для рабочего места по специальности; 2) предметно-понятийная грамотность, при которой базовые и профильные знания, как результаты обучения, становятся более применимыми на основе системы метакогнитивных навыков. Одна из проблем исследования заключается в решении дидактической задачи «как достичь максимальной применимости в профессии знаний и навыков, формируемых при изучении физических дисциплин. Анализ ситуации в практике учреждений среднего и высшего профессионального технического образования показывает, что нужна контекстная модель обучения. Причем из-за количественного и качественного изменения объема информации в дидактике всех уровней образования актуализировалась проблема технологоизации, упорядочения и алгоритмизации учебных процессов обучаемых. Основная задача технологоизации состоит в том, чтобы сформулировать и целесообразно распределить порядок процедур учения и коллaborации, обеспечивающих ход учебного процесса, как самостоятельного активного учения студентов, стремясь при этом к достижению эффективности каждого этапа психологических закономерностей процесса усвоения дидактического содержания предмета. В современной компетентностной практикоориентированной парадигме профессионального образования акцент сделан на компетенциях, связанных с рабочими местами. Проблема исследования: формулирование проблемы

исходит из противоречия существующего в реальной образовательной практике между необходимостью конкретизации и технологизации системы контекстного изучения физических дисциплин и отсутствием системных методических исследований по проблеме конструирования когнитивно-конструктивистских технологий. Целью исследования является разработка когнитивной технологии контекстного изучения физических эффектов на конкретном примере контекстного изучения физического эффекта Александрова. Задачи исследования: 1) изучить научный арсенал технологий с контекстной методологией исходя из обзора и анализа научной литературы, способствующий решению проблемы исследования; 2) разработать контекстную технологию в соответствии с когнитивно-конструктивистской дидактической концепцией на примере изучения темы «Эффект Александрова»; 3) провести анализ и интерпретацию результатов исследования; 4) на основе анализа и интерпретации результатов сформулировать практические выводы и рекомендации.

### Материалы и методы

Целью контекстного обучения является создание условий, при которых студенты приобретают информацию о компетенциях, необходимых на рабочем месте будущей профессии. Контекстный подход как один из современных базовых принципов в обучении специалиста нового типа дает теоретическое обоснование, которое способствует развитию когнитивно-экономической субъектности студента и реализуется через активные методы обучения [1].

Большое значение для реализации контекстного аспекта обновления содержания и технологий обучения имеют научные исследования А. А. Вербицкого, [2;3;4]

В предыдущих исследованиях авторов были описаны следующие положения: «...в рамках когнитивно-деятельностной технологии обучения формирование понятий рассматривается как результат когнитивной деятельности будущих специалистов, заключающейся в концептуализации и вербализации профессиональных знаний. В результате формируются структуры знания, которые получают свою презентацию в виде терминов. В когнитивно-конструктивистской технологии формирование фундаментальных знаний рассматривается как один из способов вербальной презентации специального знания. Они образуют информационно-когнитивную структуру, аккумулирующую специальные знания, необходимые в процессе научной и профессиональной деятельности [5, С.12; 9].

Таким образом, в современном контекстном обучении изменяются содержание и технологии обучения на основе когнитивно-деятельностного

подхода. При этом деятельностный принцип в данном исследовании представлен учением А. Н. Леонтьева [6]. Изменение технологии заключается в изменении когнитивной закономерности изучения дисциплин в соответствии с положением, сформулированным А. А. Вербицким: «Контекстное обучение является концептуальной основой для интеграции учебной, научной работы студентов с будущей практической работой по технологическим процессам профессии» [2]. Исходя из этой концепции, можно разработать различные технологии обучения студентов.

Разрабатываемая нами когнитивно-контекстная технология состоит из трех базовых форм деятельности по А. А. Вербицкому:

- 1) учебная деятельность с ведущей ролью интерактивных или перцепционных лекций и семинаров;
- 2) квазипрофессиональная, воплощающаяся в выполнении конкретных практических заданий;
- 3) учебно-профессиональная (НИРС, написание научных статей, участие в разработке учебных пособий, курсовое проектирование).

Как пишет А. А. Вербицкий: «традиционная дидактическая система видит свою глобальную задачу в том, чтобы приобщить студентов к обобщенному и систематизированному опыту человечества» [2]. Студенты усваивают через массив учебной информации то, что наработано другими, они берут готовое из кладовой социального опыта. В этом случае студенту навязывают цели усвоения кем-то добывших знаний, и учебная информация теряет для него личностный смысл.

Конструирование учебного процесса в современной педагогической практике осуществляется либо на основе обучения через информацию, либо на основе обучения через деятельность. Мы выбрали деятельностный подход.

Для эффективной подготовки студентов инженерно-технических специальностей необходимо формирование системы фундаментальных физических знаний в совокупности с компетенциями применять их в конкретной производственно-технической деятельности, как на фундаментальном, так и на профессионально-ориентированном уровне.

Основе когнитивной образовательной технологии лежит предположение, состоящее в том, что необходимым условием успешного обучения является понимание учеником той информации, которая предъявляется ему в качестве содержания обучения. Для конструирования когнитивной части нашей технологии необходимо разработать дидактический контент по изучаемой теме. Дидактический контент для учебной деятельности – это содержание дидактического материала по предмету (задачи, задания, текст, решение практических задач), в исследовании – это тема «Физический эффект

Александрова». Дидактический контент профессиональной деятельности – это практические производственные задачи, решаемые на рабочем месте.

Для изучения физического эффекта Александрова был предложен следующий план, соответствующий концепции когнитивной дидактики (когнитивная схема изучения):

- 1) изучить краткую историю открытия эффекта;
- 2) сформулировать определение эффекта;
- 3) объяснить, результатом, какого физического явления или процесса, является данный эффект;
- 4) понимать сущность и механизм эффекта, исследование математической задачи, выражающей смысл физического эффекта;
- 5) изучить технические возможности и области применения эффекта в технике, технических устройствах.

Этой когнитивной схеме изучения физического эффекта соответствует следующая структура деятельности по А. Н. Леонтьеву [6;8] см. (таблица 1):

Таблица 1 – Структура когнитивной учебной деятельности

Формирование потребности и мотива	Цель	Задачи		
		Что надо знать?	Что надо понимать?	Что уметь? Чему научиться? Какие компетенции формировать?
Диагностика системы опорных знаний	Усвоить учебный материал	Эмпирический материал	Методологический и теоретический материал	Применять на практике
Восприятие	Осознание	Понимание	Применение-воспроизведения	Применение творческое
Опорные знания	Выдаваемый дидактический контент для изучения	Дидактический контент методологического характера в форме вопросов и заданий	Дидактический контент для практического применения: система задач	Дидактический контент для творческого применения
Рефлексия				
Контроль и оценка учебных достижений				
Новая потребность				

1) Студентам был выдан следующий учебный материал (дидактический контент для изучения): эффект Александрова был зарегистрирован под

№ 13 от 30 октября 1957 г. в Российском институте горного дела имени А. Скочинского. В результате проведения исследований тел при соударении Е. Александров установил ранее неизвестное явление. Это явление состояло в том, что при упругом ударе коэффициент передачи энергии изменяется и зависит от отношения масс соударяющихся тел до определенного критического значения этого отношения. Новизна, парадоксальность эффекта этого явления заключались в том, что критическое соотношение масс зависело от конфигурации соударяющихся тел. Известно, что при абсолютно упругом ударе: выполняются два закона сохранения импульса и энергии. «Коэффициент передачи энергии от ударающего тела к ударяющему телу зависит от соотношения их масс – чем больше это соотношение, тем больше передаваемая энергия. Поэтому в машинах ударного действия всегда старались учесть это соотношение, по крайней мере, до 1954 года, когда Е. Александровым было установлено, что с ростом соотношения масс коэффициент передачи растет лишь до определенного критического значения, определяемого свойствами и конфигурацией соударяющихся тел (удар упругий). При увеличении отношения масс соударяющихся тел сверх критического коэффициента передачи энергии определяется не реальным соотношением масс, а критическим значением этого отношения. Соответственно, коэффициент восстановления определяется формой и массой соударяющихся тел, и степенью рассеяния энергии.

Очевидно, этот эффект обязательно должен учитываться при проектировании машин ударного действия.

После изучения данной информации студенты получили задание на методологический анализ информации с целью проверки понимания физического смысла эффекта: назвать явление и ответить на вопрос: «почему это явление и определить: что при этом изменяется?» Сущность эффекта Александрова заключается в зависимости критического соотношения масс ударяющихся тел от конфигурации тел.

То обстоятельство, что критическая масса зависит от конфигурации тел, доказывает возможность искусственного изменения ее величины при соударении одного тела с другим и при распространении ударного импульса по одному и тому же телу.

Следовательно, становятся искусственно управляемыми такие последствия удара, как:

- коэффициент передачи энергии, т. е. КПД удара;
- коэффициенты восстановления скорости или потери относительной скорости отскока.

В настоящее время при расчете машин ударного действия учитываются новые представления о передаче энергии, коэффициенте восстановления и соответственно используются новые формулы.

Например, коэффициент восстановления, ранее считавшийся элементом характеристики материалов, теперь рассчитывается для каждого отдельного случая по критическим массам. Теоретически доказана возможность и целесообразность бурения на глубину порядка 100 м без погружения машины в скважину. Машины, созданные по этому принципу (АБ-2, ВП-80, П-29, ПК-9, БУ-70, ФБУ-70 и др.), выпускаются серийно рядом заводов.

Следующий этап в психологическом процессе усвоения знаний первичное воспроизведение контента и ответы на вопросы эмпирического уровня: дать определение, в чем заключается эффект Александрова, когда и кем открыт и так далее в аспекте когнитивной схемы изучения физических эффектов – решение системы задач и вопросов: где применяется, кто читал, кто наблюдал, кто знает? И так далее. Но задание о технических возможностях эффекта относится к профессионально-ориентированным заданиям, то есть является квазипрофессиональным контекстным заданием.

4) Пример задания квазипрофессионального характера показан в наших публикациях, обозначим скорости шаров массами  $m_1$  и  $m_2$  до удара через  $v'_1$  и  $v'_2$ , после удара – через и (рисунок 1)

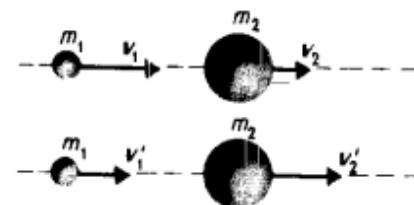


Рисунок 1 – Упругий удар

Их направления учтем знаками: положительное значение припишем движению вправо, отрицательное – движению влево.

При указанных допущениях законы сохранения имеют вид

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2,$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 v'^2_1}{2} + \frac{m_2 v'^2_2}{2}$$

Произведя соответствующие преобразования в выражениях и, получим

$$m_1(v_1 - v'_1) = m_2(v'_2 - v_2),$$

$$m_2(v_1^2 - v'^2_1) = m_2(v'^2_2 - v_2^2),$$

откуда

$$v_1 + v'_1 = v_2 + v'_2$$

Решая уравнения (3) и (5), находим

$$v'_1 = \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2v_2}{m_1 + m_2}$$

$$v'_2 = \frac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1v_1}{m_1 + m_2}$$

Задание квазипрофессионального характера. Приведем конкретный пример: Молотком, масса которого  $m_1=1$  кг, забивают в стену гвоздь массой  $m_2=75$  г. Определить к.п.д. η удара молотка.

После чтения текста студент получает задание решить задачу расчета удара и объяснить внутренний механизм этого эффекта. Предварительно на занятии проводится следующий диалог: Итак, почему это явление эффект? Всякое изменение, происходящее в природе, технике и окружающей жизни, можно назвать явлением или процессом. В этом процессе происходит изменение коэффициента энергии, выделяющейся при ударе, а результат изменения определяется эффектом Александрова.

Определим энергию, затраченную на углубление гвоздя в стену. Предварительно найдем скорость системы молоток – гвоздь непосредственно после удара. Запишем закон сохранения импульса в проекции на ось «ох» (положительное направление оси совпадает с направлением движения молотка)

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2)u,$$

где  $v_1$  – скорость молотка до удара;

$v_2$  – скорость гвоздя до удара;

$u$  – скорость молотка и гвоздя после удара.

Гвоздь перед ударом покоялся  $v_2 = 0$ .

Поэтому

$$u = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}$$

В результате сопротивления стены скорость молотка и гвоздя после удара быстро гасится, а кинетическая энергия, которой обладает система молоток – гвоздь, затрачивается на углубление гвоздя в стену.

Эту энергию находим по формуле

$$T_2 = \frac{(m_1 + m_2)u^2}{2} = \frac{m_1^2 v_1^2}{2(m_1 + m_2)}.$$

Так как молоток служит для забивания гвоздя в стену, то энергию  $T_2$  следует считать полезной. Учитывая, что энергия молотка в момент удара

то

$$T_1 = \frac{m_1 v_1^2}{2}$$

$$T_2 = \frac{m_1 T_1}{(m_1 + m_2)}$$

Искомый к.п.д.

$$\eta = \frac{T_2}{T_1} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} = \frac{1}{1,075} \approx 0,99, \text{ т.е.}$$

$$\eta = 99\%$$

Соотношение масс критическое. При дальнейшем увеличении отношения масс соударящихся тел коэффициент передачи энергии определяется уже не отношением масс, а лишь критическим значением этого соотношения.

При прямом центральном ударе векторы скоростей шаров до и после удара лежат на прямой линии, соединяющей их центры. Проекции векторов скорости на эту линию равны модулям скоростей [5].

Различия в содержательном наполнении звеньев структуры деятельностного, квазипрофессионального и когнитивного контекстного учебного процесса показаны в таблице 2. Кроме этого в таблице 2 содержание звеньев конкретизировано на примере изучения эффекта Александрова.

Таблица 2 – Контекстное представление структуры обучения студентов

Структурные звенья деятельностиного подхода	Структурные звенья когнитивного подхода	Структурные звенья квазипрофессионального подхода	Учебная деятельность по эффекту Александрова
Потребности	Когнитивные потребности или классические цели в обучении	Профессиональные потребности или pragmatические цели в обучении	Прагматические цели в обучении, применение эффекта на рабочем месте
Мотив	Реализация интеллектуального и духовного потенциала	Квалификационное соответствие рабочему месту	Знание эффекта и применение на рабочем месте
Цель	Усвоить предлагаемый контент по дисциплине	Усвоить умения и hard навыки необходимые для выполнения действий на рабочем месте	Усвоить умения и навыки необходимые для рабочего места специалиста
Задачи	Познавательные: что надо узнать, понять и применять, преимущественно когнитивные	Практические задания, в том числе теоретико-практические	Практически на основе открытия Александрова создан механический полупроводник, отбойник
Методы и средства	Когнитивные конструктивистские, проблемные, проектные, активные	Практика, дуальные, проектные	Практические, на производстве
Технология реализации (культура)	Когнитивно-деятельностная	Проектно-конструктивистская деятельность	Конструктивистско-проектная
Дидактический контент	Содержание дидактического материала по предмету (задачи, задания, текст)	Практические производственные задачи, лабораторные работы	Задачи на эффект, лабораторные работы
Дидактическая концепция	Когнитивизм	Конструктивизм	Конструктивизм
Коллaborация	Перцепция, интеракция, коммуникация	Перцепция, интеракция, коммуникация	Перцепция, интеракция, коммуникация
Результат	Система знаний, умений и навыков	Hard – soft, метанавыки	Hard – soft, навыки

5) Анализ дидактического контента для более глубокого понимания и квазипрофессиональной конкретизации знаний, умений и навыков по изучаемой теме может быть осуществлен на основе прикладных материалов (наглядная иллюстрация к этому в виде задачи прикладного характера): «...механизм для воздействия на твердое тело ударной нагрузкой,

содержит два или более соударяющихся элементов, причем один из них является рабочим, непосредственно воздействующим на твердое тело. Он отличается тем, что в нем предусмотрено средство для создания перед каждым соударением элементов наличие дополнительного зазора в системе «соударяющиеся элементы – твердое тело». Один или несколько из соударяющихся элементов, за исключением рабочего элемента, выполнены из материала с меньшим модулем упругости, чем материал элемента.

На основе открытия Е. В. Александрова создан так называемый механический полупроводник, в котором передача энергии может практически осуществляться только в заданном направлении, независимо от жесткости опоры. Возникло новое направление в постройке машин ударного действия, позволившее создать легкие молотки такого рода. Новый отбойный молоток, основанный на данном открытии, в 2 раза легче своего серийного прототипа, обладает пониженной вибрацией и большей производительностью, а по размерам и форме не отличается от него. Облегчение отбойного молотка, который используется в качестве лома, ограничено статическими нагрузками. Что же касается перфораторов, рубильных молотков и других подобных машин, то их можно сделать значительно более легкими.

Уже существуют образцы рубильных молотков, которые в 4 раза легче обычных той же производительности. Эти молотки почти целиком изготовлены из полимеров. Открытие позволило создать машины для скоростной проковки сварных швов, успешно работающие на ряде предприятий. Эти машины приносят большой экономический эффект и способствуют повышению качества продукции».

Коэффициент передачи энергии от ударяющего тела к ударяющему зависит от отношения их масс - чем больше это отношение, тем больше передаваемая энергия. Поэтому в машинах ударного действия всегда старались учесть это соотношение, по крайней мере, до 1954 года, когда Е. Александровым было установлено, что с ростом соотношения масс коэффициент передачи растет лишь до определенного критического значения, определяемого свойствами и конфигурацией соударяющихся тел (удар упругий).

При увеличении отношения масс соударяющихся тел сверх критического коэффициента передачи энергии определяется не реальным соотношением масс, а критическим значением этого отношения. Соответственно, коэффициент восстановления определяется формой и массой соударяющихся тел, и степенью рассеяния энергии. Очевидно, этот эффект обязательно должен учитываться при проектировании машин ударного действия.

Теоретически доказана возможность и целесообразность бурения на глубинах до 100 м без погружения бурильной машины в скважину [9].

### Результаты и обсуждение

Теоретическим основанием исследования является теория когнитивного конструктивизма Ж. Пиаже [10,11]. В основу контекстного метода в обучении положены прагматические идеи русского ученого А. А. Вербицкого, который предложил в процесс конструктористского учения включать информацию, задания и вопросы квазипрофессионального характера, целевое назначение которых совпадает с практическим применением знаний и навыков на конкретном рабочем месте.

В нашей интерпретации технология контекстного обучения – это технология активного когнитивного учения, в которой обучающийся является субъектом и самостоятельно приобретает знания, навыки и опыт конструирования необходимых знаний в процессе планирования и выполнения постепенно усложняющихся практических заданий. Технология ориентирована на активную самостоятельную работу студентов, методическая система которой соответствует деятельностиному (по А. Н. Леонтьеву) и когнитивному конструктивистскому (по Ж.Пиаже) подходам.

Вариативный компонент курса физики на инженерно-технических факультетах должен способствовать формированию умений проецировать фундаментальные физические знания на объекты профессиональной деятельности. В число основных категорий физики, исследуемых эмпирическим способом, кроме физических объектов, входят физические явления, процессы, состояния, эффекты. При их изучении часто возникают трудности выявления категориальной принадлежности понятия. Например, сравнивая перечисленные категории, А. А. Шаповалов проводит параллель между такими понятиями, как «явление», «процесс» и «состояние» [12].

Для проверки эффективности разработанной нами контекстной технологии были выбраны две группы Экибастузского инженерно-технического колледжа: экспериментальная (15 человек) и контрольный (10 человек). Оценивались следующие навыки по следующей шкале формирования когнитивных и квазипрофессиональных навыков: 1. навыки формулирования определения эффекта; 2. навыки осмыслиения физического смысла эффекта, назвать результатом какого процесса является данный эффект; 3. Знание кто и когда открыл данный эффект 4. навыки анализа применения эффекта на производстве; 5. навыки применять полученные данные для решения поставленной учителем задачи в экспериментальном классе по когнитивной схеме изучения; 6. навыки обобщать полученные данные, делать выводы на каком производстве еще можно будет применить

данный эффект; 7. навыки оценки полученных знаний и информацию о применении.

В конце изучения темы для экспериментальной группы было дано задание на оценивание результатов обучения по разработанным 7 дескрипторам. В контрольном классе оценивание результатов изучения темы проводилось по традиционной методике. Сравнительные показатели качества знаний в обоих группах представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели результата педагогического эксперимента

группа	Кол-во учащихся	«5»	«4»	«3»	«2»	Абсолютная успеваемость	Качественная успеваемость
Экспериментальная	15	5	6	4	0	100%	73,3 %
Контрольная	10	-	4	6	0	100%	40 %



Рисунок 2 – Диаграмма результатов учебных достижений контрольной и экспериментальной групп

Результаты педагогического эксперимента показали достаточную разницу в качестве понимания учащимися смысла усвоенных знаний и практических действий, студенты в экспериментальной группе выполняли работу более осознанно, с воодушевлением и целенаправленно, лучше отвечали на 2, 4 и 5 вопросы, поэтому получили отличные оценки, при выполнении задания на применение знаний, демонстрируя навыки быстрее и качественнее оценивать свои навыки по шкале. Студенты контрольной группы не смогли ответить на эти вопросы.

#### Выводы

Ценность обучения по разработанной технологии определяется его ориентацией на будущую специальность обучаемого. Контекстное обучение является эффективным ресурсом для адаптации выпускников к будущей профессиональной деятельности и развития профессионального мышления: как теоретического, так и эмпирического, в контексте социальных аспектов профессии. Технология интегрирует учебную и профессиональную сферы в

некий общий обучающий процесс, на основе использования сначала учебной, затем квазипрофессиональной и учебно-исследовательской деятельности студента.

В предлагаемой технологии изучения физических эффектов мы, прежде всего, опираемся на известные схемы изучения элементов системы физической науки. Физика, как естественнонаучная дисциплина, представляет собой систему иерархически взаимосвязанных элементов или научных категорий: основных понятий, научных или экспериментальных фактов, эмпирических положений и экспериментов, физических явлений и процессов, физических величин, законов и закономерностей, теорий, принципов и большого количества прикладных материалов и приложений, используемых в технике.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Исқакова, А. Б., Ахметова, Г. К., Каирбаева, А. К., Доссанов, Т. С., Зейтова, Ш. С., Нурумжанова, К. А. Оценка эффективности развития когнитивно-экономической субъектности личности при формировании положительной мотивации к предпринимательскому делу // Science for Education Today. – 2022. – Т. 12. – № 5. – С. 162–184. – <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2205.09>.

2 Вербицкий, А. А., Ильязова, М. Д. Инварианты профессионализма : проблемы формирования: монография. – М. : Логос, 2011. – 288 с.

3 Вербицкий, А. А. Активное обучение в высшей школе : контекстный подход: метод. пособие. М., 1991. – 207с.

4 Вербицкий, А. А. Контекстное обучение в новой образовательной парадигме: / Монография. – М. : Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 1999. – 75 с.

5 Нурумжанова, К. А., Асенова, А. С., Мухтар, Д. Н. Методика изучения физических эффектов и явлений на технических специальностях высших учебных заведений: учебно-методическое пособие. – Павлодар : Кереку, 2018. – 152 с.

6 Леонтьев, А. Н. Деятельность. Сознание. Личность : учебное пособие / А. Н. Леонтьев. – 2-е издание, стереотипное. – М: Смысл: Академия, 2005. – 352 с.

7 Кларин, М. В. Инновационные модели обучения в зарубежных педагогических поисках. – М., 1994. – С. 10.

8 Загвязинский, В. И. Теория обучения : Современная интерпретация. – М., 2001. – С. 68.

9 Указатель физических эффектов и явлений Ю. В. Горина. – [Электронный ресурс]. – <https://triz-summit.ru/triz/metod/physics/203776/>

10 **Пиаже, Ж.** Психогенез знаний и его эпистемологическое значение. / Перевод с французского Н. В. Уфимцевой. // Семиотика. Сборник статей под общей редакцией Ю. С. Степанова. – М., :1983. – С. 90–101.

11 **Пиаже, Ж.** Избранные психологические труды // Психология интеллекта. Генезис числа у ребенка. Логика и психология: [пер. с фр.]. – М. : Просвещение, 1969. – 659 с.

12 **Шаповалов, А. А.** Конструктивно-проектировочная деятельность в структуре профессиональной подготовки учителя физики. – Барнаул, 1999. – 145с.

#### REFERENCES

1 **Iskakova, A. B., Axmetova, G. K., Kairbaeva, A. K., Dosanov, T. S., Zejtova, Sh. S., Nurumzhanova, K. A.** Ocenna effektivnosti razvitiya kognitivnoe'ekonomiceskoy sub'ektnosti lichnosti pri formirovani polozhitel'noj motivacii k predprinimatel'skomu delu [Assessing the effectiveness of the development of cognitive-economic subjectivity of the individual in the formation of positive motivation for entrepreneurship] // Science for Education Today. – 2022. – Т. 12. – № 5. – Р. 162–184. – <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2205.09>.

2 **Verbiczkij, A. A., Il'yazova, M. D.** Invariante professionalizma : problemy' formirovaniya : monografiya. [Invariants of professionalism : problems of formation : monograph]. – Moscow : Logos, 2011. – 288 p.

3 **Verbiczkij, A. A.** Aktivnoe obuchenie v vy'sshej shkole : kontekstnyj podxod: metod. posobie. [ Active learning in higher education: contextual approach : method. allowance]. – Moscow, 1991. – 207 p.

4 **Verbiczkij, A. A.** Kontekstnoe obuchenie v novoj obrazovatel'noj paradigmе: Monografiya. [ Contextual learning in the new educational paradigm] Moscow : Issledovatel'skij centr problem kachestva podgotovki specialistov, 1999. – 75 p.

5 **Nurumzhanova, K. A., Asenova, A. S., Muxtar, D. N.** Metodika izucheniya fizicheskix effektov i yavlenij na texnicheskix special'nostyx vy'sshix uchebnyx zavedenij [Methodology for studying physical effects and phenomena in technical specialties of higher educational institutions]: / uchebno-metodicheskoe posobie. – Pavlodar : Kerek, 2018. – 152 p.

6 **Leont'ev, A. N.** Deyatel'nost'. Soznanie. Lichnost' : uchebnoe posobie [Activity. Consciousness. Personality]. – textbook. / A. N. Leont'ev. – 2-e izdanie, stereotipnoe. – Moscow : Smy'sl: Akademiya, 2005. – 352 p.

7 **Klarin, M. V.** Innovacionnye modeli obucheniya v zarubezhnyx pedagogicheskix poiskax. [Innovative teaching models in foreign pedagogical searches]. – Moscow, 1994. – P. 10.

8 **Zagvyazinskij, V. I.** Teoriya obucheniya : Sovremennaya interpretaciya. [Learning Theory : A Modern Interpretation]. – Moscow: 2001. p. 68.

9 Ukarazat' fizicheskix effektov i yavlenij Yu. V. Gorina [Index of physical effects and phenomena by Yu.V. Gorin]. – [Electronic resource]. – <https://triz-summit.ru/triz/metod/physics/203776/>.

10 **Piazhe, Zh.** Psixogenez znaniy i ego e'pistemologicheskoe znachenie. [Psychogenesis of knowledge and its epistemological significance.] / Perevod s francuzskogo N. V. Ufimcevoj. // Semiotika. Sbornik statej pod obshhej redakcijej Yu. S. Stepanova. – Moscow, 1983. – P. 90–101.

11 **Piazhe, Zh.** Izbrannye psihologicheskie trudy / Psihologiya intellekta. Genezis chisla u rebenka. Logika i psihologiya [Selected psychological works / Psychology of intelligence. Genesis of number in a child. Logic and psychology]: [per. s fr.]. – Moscow : Prosveshenie, 1969. – 659 p.

12 **Shapovalov A. A.** Konstruktivno-proektirovochnaya deyatelност v strukture professionalnoj podgotovki uchitelya fiziki [Constructive and design activities in the structure of professional training for physics teachers]. – Barnaul, 1999. – 145 p.

Принято к изданию 15.12.23.

\***К. Б. Сембаева, К. А. Нурумжанова**

Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.  
Басып шығаруға 15.12.23 қабылданды.

#### КОГНИТИВТІ-КОНТЕКСТІК ТӘСІЛГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ФИЗИКАЛЫҚ ӘСЕРЛЕРДІ ЗЕРТТЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚҰРУ

Зерттеудің озектілігі қазіргі заманы типтегі мамандарды даирлаудағы нарықтық фактордың ролінің артуына байланысты. Бұл мақалада көсіптік-техникалық білім берудегі физикалық пәндерді зерттеуге контексттік көзқарастың дидактикалық және әдістемелік мүмкіндіктері зерттелген. Модернизацияда алынған білімнің практикалық қолданылуына қойылатын талаптар және нақты жұмыс орындарына байланысты қалыптасқан дайдылар деңгейінде бірінші орынга қойылғаны белгілі. Технологияны жобалаудың дамыған контексттік тәсілінің ерекшелігі-пәннің дидактикалық мазмұнына категориялық көзқарас негізінде когнитивті дидактиканың әдістері мен құралдарын қолдану. Мақаланың мақсаты - «Александров эффектісі»тақырыбын зерттеудің контексттік технологиясын өзірлеу және сыйнаптан

откізу тәжірибелесін зерттеу және құру. Зерттеудің теориялық негізі – Дж. Пиаженің когнитивті конструктивизмі, сондай-ақ А. А. Вербицкий мектебінің ғылыми зерттеулері. Зерттеу нәтижелері: 1) оқынушылардың нақты жұмыс орындарымен байланысын қамтамасыз етептін когнитивті дидактиканы іске асыру құралы ретінде контекстік принципті заманауи түсінідіру 2) Александров эффектісі тақырыбы бойынша когнитивті дидактикалық мазмұн өзірленді.

Кілтті сөздер: контекстік тәсіл, дидактиканың когнитивтік тұжырымдамасы; физикалық әсерлер категориясы, Александров эффектісі, әдістемелік жүйе.

\*K. B. Sembayeva, K. A. Nurumzhanova

Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Accepted for publication on 15.12.23.

## CONSTRUCTION OF TECHNOLOGY FOR STUDYING PHYSICAL EFFECTS BASED ON COGNITIVE-CONTEXT APPROACH

The relevance of the study is due to the increasing role of the market factor in the training of modern specialists. This article explores the didactic and methodological possibilities of a contextual approach to the study of physical disciplines in vocational education. It is well known that modernization has brought to the fore the requirements for the practical applicability of acquired knowledge, and at the level of developed skills tied to specific jobs. A feature of the developed contextual approach to technology design is the use of methods and means of cognitive didactics based on a categorical approach to the didactic content of the discipline. The purpose of the article is to research and create experience in the development and testing of contextual technology for studying the topic «Alexandrov Effect». The theoretical basis of the study is the cognitive constructivism of J. Piaget, as well as the scientific research of the school of A. A. Verbitsky. Results of the study: 1) an interpretation of the modern understanding of the contextual principle is given as a means of implementing cognitive didactics, ensuring the connection of learning outcomes with specific jobs 2) cognitive didactic content on the topic of the Alexandrov Effect was developed.

**Keywords:** contextual approach, cognitive concept of didactics; category physical effects, Alexandrov effect, methodological system.

## АВТОРЛАР ТУРАЛЫ АҚПАРАТ

**Амир Хан Джарвар,** PhD, Мехран инженерлік-технологиялық университеті, Джамшоро, Пәкістан

**Авдил Ахбота,** «Ақпараттық жүйелер» мамандығы бойынша бакалавриат, Computer Science факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: [avdil01@bk.ru](mailto:avdil01@bk.ru)

**Алимова Жанар Сагидуллаевна,** информатика магистрі, аға оқытушы, «Computer Science» факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: [jarasovajanar@mail.ru](mailto:jarasovajanar@mail.ru)

**Алимаев Алибек Алпысбаевич,** PhD, қауымд. профессордың м.а., физика математика және цифрлық технологиялар кафедрасы, Ө. Сұлтангазин атындағы педагогикалық институты А. Байтұрсынов атындағы Қостанай өнірлік университеті, Қостанай қ., 110000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [alibek.alimbaev@bk.ru](mailto:alibek.alimbaev@bk.ru)

**Абітова Гульнара Аскеровна,** техника ғылымдарының кандидаты, доцент, «Компьютерлік инженерия» кафедрасы, Astana IT University, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [gulya.abitova@gmail.com](mailto:gulya.abitova@gmail.com)

**Акжигитов Ерболат,** Физика-математика ғылымдарының кандидаты, доцент, «Математика» кафедрасы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010011, Қазақстан Республикасы, e-mail: [Akzhigitov@inbox.ru](mailto:Akzhigitov@inbox.ru)

**Әбдібекова Құләш Жәлелқызы,** аға оқытушы, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университет, Алматы қ., 050071, Қазақстан Республикасы, e-mail: [Kulyash.rabota@mail.ru](mailto:Kulyash.rabota@mail.ru)

**Бейсебай Перизат Бейсебайқызы,** Физика-математика ғылымдарының кандидаты, доцент, «Математика» кафедрасы, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., 010008, Қазақстан Республикасы, e-mail: [beisebai@mail.ru](mailto:beisebai@mail.ru)

**Байқутова Аружсан Женисжанқызы,** «7М01502-физика» мамандығы бойынша магистрант, Физика, математика және цифрлық технологиялар институты, Қазақ Ұлттық Қызылдар педагогикалық университеті, Алматы қ., 090000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [Aruzhanbaikutova13@gmail.com](mailto:Aruzhanbaikutova13@gmail.com)

**Дүсекенгазина Назым Нигметоллаевна,** информатика магистрі, аға оқытушы, Computer Science факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: [d-no@inbox.ru](mailto:d-no@inbox.ru)

**Жарлықасов Бақтияр Жұмалғиевич,** жаратылыштану ғылымдары магистрі, аға оқытушы, «Физика және математика цифрлық технологиялар» кафедрасы, А. Байтұрсынов атындағы Қостанай өнірлік университеті, Қостанай қ., 110000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [bakhtiyarzbj@gmail.com](mailto:bakhtiyarzbj@gmail.com)

**Заурбекова Нұрбике Джумабаевна**, техника ғылымдарының кандидаты, қауымд профессор м.а., Физика, математика және цифрлы технологиялар институты, Казак Ұлттық Қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., 090000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [Nurbike\\_zh@mail.ru](mailto:Nurbike_zh@mail.ru)

**Исаева Назым Толеновна**, математика магистрі, аға оқытушы, Әл-Фараби атындағы Қазак ұлттық университет, Алматы қ., 050071, Қазақстан Республикасы, e-mail: [Kulyash.rabota@mail.ru](mailto:Kulyash.rabota@mail.ru)

**Испулов Нұрлыбек Айдаргалиевич**, физика-математика ғылымдарының кандидаты, доцент, «Computer Science» факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [nurlybek\\_79@mail.ru](mailto:nurlybek_79@mail.ru)

**Камил Заман Рахимун**, PhD, Мехран инженерлік-технологиялық университеті, Джамшоро, Пәкістан

**Қалжсанов Марат Өмірбекұлы**, ф.м.ғ.к., қауымд. профессордың м. а., У. Сұлтангазина атындағы, Педагогикалық институт. А. Байтұрсынов атындағы Қостанай өнірлік университеті, Қостанай қ., 110000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [mkiev@mail.ru](mailto:mkiev@mail.ru)

**Капенова Мадина Муратовна**, техникалық ғылымдар магистрі, «Computer Science» факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [madina\\_nur808@mail.ru](mailto:madina_nur808@mail.ru)

**Кайбасова Динара Женисбековна**, Ақпараттық жүйелер мамандығы бойынша философия докторы (PhD), Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Инновациялық технологиялар факультеті, Қарағанды қ., 100004, Қазақстан Республикасы, e-mail: [Dindgin@mail.ru](mailto:Dindgin@mail.ru)

**Мұхаммед Файзан Шейх**, магистр дәрежесі, NED инженерлік-технологиялық университеті, Караби, Пәкістан

**Мұжтаба Абид Хуссейн**, магистр, Ned инженерлік-технологиялық университеті, Караби, Пәкістан

**Мухаметжанова Бигуль Олжабаевна**, PhD, Есептеу техникасы және бағдарламалық қамтамасыз ету мамандығы, Инновациялық технологиялар факультеті, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., 100004, Қазақстан Республикасы, e-mail: [Grek79@mail.ru](mailto:Grek79@mail.ru)

**Мұрат Райхан Қаратақызы**, техника ғылымдарының магистрі, мұғалім, Department of Computer Engineering, Astana IT University, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [m.raikhan@astanait.edu.kz](mailto:m.raikhan@astanait.edu.kz)

**Мұқашев Даиріяр Серікұлы**, «Computer science and Engineering» мамандығы, магистрант, Информатика факультеті, Astana IT University, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [d.mukashev@inbox.ru](mailto:d.mukashev@inbox.ru)

**Нұрумжанова Куляш Алдонгаровна**, педагогика ғылымдарының докторы, профессор, Computer Science факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: [75646100@mail.ru](mailto:75646100@mail.ru)

**Нәдіров Нұрмас Қонысұлы**, техника ғылымдарының магистрі, мұғалім, Department of Computer Engineering, Astana IT University, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [n.nadirov@astanait.edu.kz](mailto:n.nadirov@astanait.edu.kz)

**Оспанова Жұлдуз Джумагалиевна**, техникалық физика докторанты, Физико-техникалық факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [zhulduz-ospan@mail.ru](mailto:zhulduz-ospan@mail.ru)

**Рекан Али Рахимун**, PhD, NED инженерлік-технологиялық университеті, Караби, Пәкістан, e-mail: [aqadir@iba-suk.edu.pk](mailto:aqadir@iba-suk.edu.pk)

**Сейнишева Эльмира Калкабековна**, Есептеу техникасы және бағдарламалық қамтамасыз ету мамандығы бойынша магистр, Инновациялық технологиялар факультеті, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, 100004, Қазақстан Республикасы, e-mail: [elmira\\_s89@mail.ru](mailto:elmira_s89@mail.ru)

**Сагатбекова Динара Ермековна**, Есептеу техникасы және бағдарламалық қамтамасыз ету мамандығы бойынша магистр, Инновациялық технологиялар факультеті, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, 100004, Қазақстан Республикасы, e-mail: [dinara.sagatbkova@mail.ru](mailto:dinara.sagatbkova@mail.ru)

**Сембаева Кымбат Бауржановна**, «Физика» мамандығы бойынша магистрант, Computer Science факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: [sembaeva.kymbat@mail.ru](mailto:sembaeva.kymbat@mail.ru)

**Султанова Марал Жанатовна**, техникалық ғылымдар магистрі, «Computer Science» факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [s.m.zh@mail.ru](mailto:s.m.zh@mail.ru)

**Сайманова Загира Бекетаевна**, PhD, Есептеу техникасы және бағдарламалық қамтамасыз ету мамандығы, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Инновациялық технологиялар факультеті, Қарағанды қ., 100004, Қазақстан Республикасы, e-mail: [zagira\\_sb@mail.ru](mailto:zagira_sb@mail.ru)

**Тұрсынметова Феруза**, магистр, Department of Computer Science Nazarbayev University, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [feruza.tursunmetova@nu.edu.kz](mailto:feruza.tursunmetova@nu.edu.kz)

**Телегина Оксана Станиславовна**, техника ғылымдарының кандидаты (РФ), аға оқытушы, Физика және математика және цифрлық технологиялар кафедрасы, А. Байтұрсынов атындағы Қостанай өнірлік университеті, Қостанай, 110000, Қазақстан Республикасы, e-mail: [osdavidenko@mail.ru](mailto:osdavidenko@mail.ru)

**Талипов Серге́й Николаевич**, аға оқытушы, Computer Sciences факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140014, Қазақстан Республикасы, е-mail: [talipovsn@gmail.com](mailto:talipovsn@gmail.com)

**Тилепиев Мура́т Шапено́вич**, Физика-математика ғылымдарының кандидаты, доцент, «Математика» кафедрасы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010011, Қазақстан Республикасы, е-mail: [Tilepiev58@mail.ru](mailto:Tilepiev58@mail.ru)

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Амир Хан Джарвар**, PhD, Мехранский инженерно-технологический университет, Джамшоро, Пакистан

**Авдил Ахбота**, студент по специальности «Информационные системы», Факультет Computer Science, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, е-mail: [avdil01@bk.ru](mailto:avdil01@bk.ru)

**Алимова Жанар Сагидуллаевна**, магистр информатики, ст.преподаватель, Факультет Computer Science, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, е-mail: [jarasovajanar@mail.ru](mailto:jarasovajanar@mail.ru)

**Алимаев Алибек Алпысбаевич**, PhD, и.о. ассоц. профессор, кафедра «Физики математики и цифровых технологий» педагогического института имени У. Султангазина, Костанайский региональный университет имени А.Байтурсынова, г. Костанай, 110000, Республика Казахстан, е-mail: [alibek.alimbaev@bk.ru](mailto:alibek.alimbaev@bk.ru)

**Абитова Гульнара Аскеровна**, кандидат технических наук, ассоц. профессор, Департамент Компьютерной Инженерии, Astana IT University, Астана, 010000, Республика Казахстан, е-mail: [gulya.abitova@gmail.com](mailto:gulya.abitova@gmail.com)

**Акжигитов Ерболат**, Кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра «Высшей математики», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010011, Республика Казахстан, е-mail: [Akzhigitov@inbox.ru](mailto:Akzhigitov@inbox.ru)

**Абдибекова Кудаш Жалеловна**, ст. преподаватель, Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, 050071, Республика Казахстан, е-mail: [Kulyash.rabota@mail.ru](mailto:Kulyash.rabota@mail.ru)

**Бейсебай Перизат Бейсебайқызы**, Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 0100081, Республика Казахстан, е-mail: [beisebai@mail.ru](mailto:beisebai@mail.ru)

**Байкутова Аружан Женисжановна**, магистрант по специальности «7М01502-физика», Институт физики, математики и цифровых технологий, «Казахский Национальный женский педагогический университет», г. Алматы, 090000, Республика Казахстан, е-mail: [Aruzhanbaikutova13@gmail.com](mailto:Aruzhanbaikutova13@gmail.com)

**Дюсенгазина Назым Нигметоллаевна**, магистр Информатики, ст. преподаватель, Факультет Computer Science, Торайғыров университет г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, е-mail: [d-no@inbox.ru](mailto:d-no@inbox.ru)

**Жарлықасов Баhtияр Жумалыевич**, магистр естественных наук, ст. преподаватель, кафедра «Физики, математики и цифровых технологий» Костанайского регионального университета имени А. Байтурсынова, г. Костанай, 110000, Республика Казахстан, e-mail: [bakhtiyarzbj@gmail.com](mailto:bakhtiyarzbj@gmail.com)

**Заурбекова Нурбике Джумабаева**, кандидат технических наук, Институт физики, математики и цифровых технологий, Казахский Национальный женский педагогический университет, г. Алматы, 090000, Республика Казахстан, e-mail: [Nurbike\\_zh@mail.ru](mailto:Nurbike_zh@mail.ru)

**Исаева Назым Толеновна**, магистр математики, ст. преподаватель, Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, 050071, Республика Казахстан, e-mail: [Kulyash.rabota@mail.ru](mailto:Kulyash.rabota@mail.ru)

**Испулов Нұрлыйбек Айдаргалиевич**, кандидат физико-математических наук, доцент, Факультет «Computer Science», Торайғыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: [nurlybek\\_79@mail.ru](mailto:nurlybek_79@mail.ru)

**Камиль Заман Рахимун**, PhD, Мехранский инженерно-технологический университет, Джамшоро, Пакистан

**Калжанов Марат Умирбекович**, к.ф.м.н., и.о. ассоц. профессора, Педагогический институт имени У. Султангазина, Костанайский региональный университет имени А. Байтурсынова, г. Костанай, 110000, Республика Казахстан, e-mail: [mkkiev@mail.ru](mailto:mkkiev@mail.ru)

**Капенова Мадина Муратовна**, магистр технических наук, Факультет «Computer Science», Торайғыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: [madina\\_nur808@mail.ru](mailto:madina_nur808@mail.ru)

**Кайбасова Динара Женисбековна**, PhD, по специальности «Информационные системы», Факультет инновационных технологий, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, г. Караганда, 100004, Республика Казахстан, e-mail: [Dindgin@mail.ru](mailto:Dindgin@mail.ru)

**Мухаммад Файзан Шейх**, магистр, Инженерно-технологический университет NED, Карачи, Пакистан

**Муджтаба Абид Хуссейн**, магистр, Инженерно-технологический университет NED, Карачи, Пакистан

**Мухаметжанова Бигуль Олжабаева**, PhD по специальности «Вычислительная техника и программное обеспечение», Факультет инновационных технологий, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, г. Караганда, 100004, Республика Казахстан, e-mail: [Gre79@mail.ru](mailto:Gre79@mail.ru)

**Мұрат Райхан Қаратқызы**, магистр технических наук, преподаватель, Department of «Computer Engineering», Astana IT University, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: [m.raikhan@stanait.edu.kz](mailto:m.raikhan@stanait.edu.kz)

**Мукашев Данияр Серикович**, магистрант по специальности «Computer Science and Engineering», Факультет компьютерных наук, Astana IT University, Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: [d.mukashev@inbox.ru](mailto:d.mukashev@inbox.ru)

**Нұрумжанова Күляш Алдонгарова**, доктор педагогических наук, профессор, Факультет Computer Science, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: [75646100@mail.ru](mailto:75646100@mail.ru)

**Нәдіров Нұрмас Қонысұлы**, Магистр технических наук, преподаватель, кафедра «Computer Engineering» Astana IT University, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: [n.nadirov@stanait.edu.kz](mailto:n.nadirov@stanait.edu.kz)

**Оспанова Жұлдуз Джумагалиева**, докторант технической физики, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: [zhulduz-ospan@mail.ru](mailto:zhulduz-ospan@mail.ru)

**Рехан Али Рахимун**, PhD, Инженерно-технологический университет NED, Карачи, Пакистан, e-mail: [aqadir@iba-suk.edu.pk](mailto:aqadir@iba-suk.edu.pk)

**Сейишиева Эльмира Калкабековна**, магистр по специальности Вычислительная техника и программное обеспечение, Факультет инновационных технологий, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, г. Караганда, 100004, Республика Казахстан, e-mail: [elmira\\_s89@mail.ru](mailto:elmira_s89@mail.ru)

**Сагатбекова Динара Ермековна**, магистр по специальности Вычислительная техника и программное обеспечение, Факультет инновационных технологий, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, г. Караганда, 100004, Республика Казахстан, e-mail: [dinara.sagatbkova@mail.ru](mailto:dinara.sagatbkova@mail.ru)

**Сембаева Қымбат Бауржановна**, магистрант по специальности «Физика», Торайғыров университет, Факультет Computer Science, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: [sembaeva.kymbat@mail.ru](mailto:sembaeva.kymbat@mail.ru)

**Султанова Марал Жанатовна**, магистр технических наук, Факультет «Computer Science», Торайғыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: [s.m.zh@mail.ru](mailto:s.m.zh@mail.ru)

**Сайманова Загира Бекетаевна**, PhD по специальности «Вычислительная техника и программное обеспечение», Факультет инновационных технологий, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, г. Караганда, 100004, Республика Казахстан, e-mail: [zagira\\_sb@mail.ru](mailto:zagira_sb@mail.ru)

**Турсунметова Феруза**, магистр, кафедра «Computer Science» Nazarbayev University, г. Астана, 010000, Республика Казахстан, e-mail: [feruza.tursunmetova@nu.edu.kz](mailto:feruza.tursunmetova@nu.edu.kz)

**Тилепиев Мурат Шапенович**, Кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра «Высшей математики», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010011, Республика Казахстан, e-mail: [Tilepiev58@mail.ru](mailto:Tilepiev58@mail.ru)

**Телегина Оксана Станиславовна**, кандидат технических наук (РФ), старший преподаватель кафедра «Физики, математики и цифровых технологий» Костанайского регионального университета имени А. Байтурсынова, Костанай, 110000, Республика Казахстан, e-mail: [osdavidenko@mail.ru](mailto:osdavidenko@mail.ru)

**Талипов Сергей Николаевич**, ст. преподаватель, Факультет Computer Sciences, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140014, Республика Казахстан, e-mail: [talipovsn@gmail.com](mailto:talipovsn@gmail.com)

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Aamir Khan Jarwar**, PhD, Mehran University of Engineering and Technology, Jamshoro, Pakistan

**Avdil Akhbota**, student in «Information systems», Faculty of Computer Science, Toraifyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: [avdil01@bk.ru](mailto:avdil01@bk.ru)

**Alimova Zhanar Sagidullaevna**, Master of Computer Science, senior lecturer, Faculty of Computer Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: [jarasovajanar@mail.ru](mailto:jarasovajanar@mail.ru)

**Alimbayev Alibek Alpysbaevich**, PhD, acting associate professor, Department of Physics, Mathematics and Digital Technologies U. Sultangazin Pedagogical Institute, A. Baitursynov Kostanay Regional University, Kostanay, 110000, Republic of Kazakhstan, e-mail: [alibek.alimbaev@bk.ru](mailto:alibek.alimbaev@bk.ru)

**Abitova Gulnara Askerovna**, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Department of Computer Engineering, Astana IT University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: [gulya.abitova@gmail.com](mailto:gulya.abitova@gmail.com)

**Akzhigitov Erbulat**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, 010011, Republic of Kazakhstan, e-mail: [Akzhigitov@inbox.ru](mailto:Akzhigitov@inbox.ru)

**Abdibekova Kulash Zhalelovsna**, senior lecturer, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, 050071, Republic of Kazakhstan, e-mail: [Kulyash.rabota@mail.ru](mailto:Kulyash.rabota@mail.ru)

**Beisebay Perizat Beisebaykyzy**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of Higher Mathematics, L. N. Gumilov Eurasian National University, Astana, 010008, Republic of Kazakhstan, e-mail: [beisebai@mail.ru](mailto:beisebai@mail.ru)

**Baikutova Aruzhan Zheniszhankyzzy**, undergraduate student in «7M01502-Physics», Kazakh National Women's Teacher Training University, Institute of Physics, Mathematics and Digital Technologies, Almaty, 090000, Republic of Kazakhstan, e-mail: [Aruzhanbaikutova13@gmail.com](mailto:Aruzhanbaikutova13@gmail.com)

**Dyussengazina Nazym Nigmatollaevna**, Master of Computer Science, senior lecturer, Faculty of Computer Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: [d-no@inbox.ru](mailto:d-no@inbox.ru)

**Zharlykassov Bakhtiyar Zhumalyevich**, Master of Science, senior lecturer at the Department of Physics, Mathematics and Digital Technologies of the A. Baitursynov Kostanay Regional University, Kostanay, 110000, Republic of Kazakhstan, e-mail: [bakhtiyarzbj@gmail.com](mailto:bakhtiyarzbj@gmail.com)

**Zaurbekova Nurbike Dzhumabaevna**, Candidate of Technical Sciences, Institute of Physics, Mathematics and Digital Technologies, Kazakh National Women's Teacher Training University, Almaty, 090000, Republic of Kazakhstan, e-mail: [Nurbike\\_zh@mail.ru](mailto:Nurbike_zh@mail.ru)

**Ispulov Nurlybek Aidargalievich**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor, Faculty of Computer Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: [nurlybek\\_79@mail.ru](mailto:nurlybek_79@mail.ru)

**Isaeva Nazym Tolenovna**, Master of mathematic, senior lecturer, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, 050071, Republic of Kazakhstan, e-mail: [Kulyash.rabota@mail.ru](mailto:Kulyash.rabota@mail.ru)

**Kamil Zaman Rahimoon**, PhD, Mehran University of Engineering and Technology, Jamshoro, Pakistan

**Kalzhanov Marat Umirbekovich**, PhD, acting associate professor, U. Sultangazin Pedagogical Institute, Kostanay Regional University named after A. Baitursynov, Kostanay, 110000, Republic of Kazakhstan, e-mail: [mkkiev@mail.ru](mailto:mkkiev@mail.ru)

**Kapenova Madina Muratovna**, Master of Technical Sciences, Faculty of Computer Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: [madina\\_nur808@mail.ru](mailto:madina_nur808@mail.ru)

**Kaibasova Dinara Zhenisbekovna**, PhD, in Information systems, Faculty of Innovative Technologies, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, 100004, Republic of Kazakhstan, e-mail: [Dindgin@mail.ru](mailto:Dindgin@mail.ru)

**Muhammad Faizan Shaikh**, Master, NED University of Engineering and Technology, Karachi, Pakistan

**Mujtaba Abid Hussain**, Master, NED University of Engineering and Technology, Karachi, Pakistan

**Mukhametzhanova Bigul Olzhabaevna**, PhD, Computer Engineering and Software, Faculty of Innovative Technologies, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, 100004, Republic of Kazakhstan, e-mail: [Grek79@mail.ru](mailto:Grek79@mail.ru)

**Mukashev Daniyar Serikovich**, undergraduate student in the specialty «Computer science and Engineering», Faculty of Computer Science, Astana IT University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: [d.mukashev@inbox.ru](mailto:d.mukashev@inbox.ru)

**Murat Raikhan Kairatkazy**, Master of Technical Science, teacher, Department of Computer Engineering, Astana IT University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: [m.raikhan@astanait.edu.kz](mailto:m.raikhan@astanait.edu.kz)

**Nurumzhanova Kulyash Aldongarovna**, Doctor of Pedagogic Sciences, professor, Faculty of Computer Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: [75646100@mail.ru](mailto:75646100@mail.ru)

**Nadirov Nurtas Konysuly**, Master of Technical Science, teacher, Department of «Computer Engineering». Astana IT University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: [n.nadirov@astanait.edu.kz](mailto:n.nadirov@astanait.edu.kz)

**Ospanova Zhulduz Dzhumagalieva**, doctoral student in Technical Physics, Eurasian National University named after L. N. Gumilyov, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: [zhulduz-ospan@mail.ru](mailto:zhulduz-ospan@mail.ru)

**Rehan Ali Rahimoon**, PhD, NED University of Engineering and Technology, Karachi, Pakistan, e-mail: [aqadir@iba-suk.edu.pk](mailto:aqadir@iba-suk.edu.pk)

**Sultanova Maral Zhanatovna**, Master of Technical Sciences, Faculty of Computer Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: [s.m.zh@mail.ru](mailto:s.m.zh@mail.ru)

**Saimanova Zagira Beketaeva**, PhD, Computer Engineering and Software, Faculty of Innovative Technologies, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, 100004, Republic of Kazakhstan, e-mail: [zagira\\_sb@mail.ru](mailto:zagira_sb@mail.ru)

**Seipisheva Elmira Kalkabekovna**, Master of Science, Computer Engineering and Software, Faculty of Innovative Technologies, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, 100004, Republic of Kazakhstan, e-mail: [elmira\\_s89@mail.ru](mailto:elmira_s89@mail.ru)

**Sagatbekova Dinara Ermekovna**, Master of Science in Computer Engineering and Software, Faculty of Innovative Technologies, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, 100004, Republic of Kazakhstan, e-mail: [dinara.sagatbkova@mail.ru](mailto:dinara.sagatbkova@mail.ru)

**Sembaeva Kymbat Baurzhanovna**, master's student in Physics, Faculty of Computer Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: [sembaeva.kymbat@mail.ru](mailto:sembaeva.kymbat@mail.ru)

**Tursunmetova Feruza**, Master, Department of «Computer Science» Nazarbayev University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: [feruza.tursunmetova@nu.edu.kz](mailto:feruza.tursunmetova@nu.edu.kz)

**Tilepiev Murat Shapenovich**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor, Department of Higher Mathematics, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, 010011, Republic of Kazakhstan, e-mail: [Tilepiev58@mail.ru](mailto:Tilepiev58@mail.ru)

**Telegina Oksana Stanislavovna**, Candidate of Technical Sciences (RF), senior lecturer, Department of Physics, Mathematics and Digital Technologies, A. Baitursynov Kostanay Regional University, Kostanay, 110000, Republic of Kazakhstan, e-mail: [osdavidenko@mail.ru](mailto:osdavidenko@mail.ru)

**Talipov Sergey Nikolaevich**, senior lecturer, Faculty of Computer Sciences, Toraighyrov University, Pavlodar, 140014, Republic of Kazakhstan, e-mail: [talipovsn@gmail.com](mailto:talipovsn@gmail.com)

**ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ В НАУЧНОМ ЖУРНАЛЕ  
«ВЕСТНИК ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА.  
СЕРИЯ: ФИЗИКА, МАТЕМАТИКА И  
КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ»**

Редакционная коллегия просит авторов руководствоваться следующими правилами при подготовке статьей для опубликования в журнале.

Научные статьи, представляемые в редакцию журнала должны быть оформлены согласно базовым издательским стандартам по оформлению статей в соответствии с ГОСТ 7.5-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов», пристатейных библиографических списков в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

\* В номер допускается не более одной рукописи от одного автора либо того же автора в составе коллектива соавторов.

\* Количество соавторов одной статьи не более 5.

\* Степень оригинальности статьи должна составлять не менее 60 % (согласно решению редакционной коллегии).

\* Направляемые статьи не должны быть ранее опубликованы, не допускается последующее опубликование в других журналах, в том числе переводы на другие языки.

\* Решение о принятии рукописи к опубликованию принимается после проведения процедуры рецензирования.

\* Двойное рецензирование (слепое) проводится конфиденциально, автору не сообщается имя рецензента, а рецензенту – имя автора статьи.

\* Квитанция об оплате предоставляется после принятия статей к публикации. Стоимость публикации в журнале за страницу 1000 (одна тысяча) тенге.

\* докторантам НАО «Торайғыров университет» и иностранным авторам (без казахстанских соавторов) публикация в журнале бесплатна.

\* Если статья отклонена антиплагиатом или рецензентом статья возвращается автору на доработку. Автор может повторно отправить статью на антиплагиат или рецензирование 1 раз. Ответственность за содержание статьи несет автор.

Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи.

**Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.**

Датой поступления статьи считается дата получения редакцией ее окончательного варианта.

Статьи публикуются по мере поступления. Журнал формируется исходя из количества не более 30 статей в одном номере.

**Периодичность издания журналов – 4 раза в год (ежеквартально).**

**Сроки подачи статьи:**

- первый квартал до 10 февраля;
- второй квартал до 10 мая;
- третий квартал до 10 августа;
- четвертый квартал до 10 ноября.

Научный журнал «Вестник Торайғыров университета», «Наука и техника Казахстана» выпускается с периодичностью 4 раза в год в сетевом (электронном) формате в следующие установленные сроки выхода номеров журнала:

- первый номер выпускается до 30 марта текущего года;
- второй номер – до 30 июня;
- третий номер – до 30 сентября;
- четвертый номер – до 30 декабря.

Статью (электронную версию и квитанции об оплате) следует направлять на сайтах:

- <https://vestnik.tou.edu.kz/>
- <https://vestnik-pm.tou.edu.kz/>

Для подачи статьи на публикацию необходимо пройти регистрацию на сайте.

Автор, который внес наибольший интеллектуальный вклад в подготовку рукописи (при двух и более соавторах), является автором-корреспондентом и обозначается «\*».

Авторы из разных учебных заведений указываются цифрами <sup>1,2</sup>.

Для осуществления процедуры двойного рецензирования (слепого), авторам необходимо отправлять два варианта статьи: первый – с указанием личных данных, второй – без указания личных данных. При нарушении принципа слепого рецензирования статья не рассматривается.

**Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии со следующими правилами:**

– В журналы принимаются статьи по всем научным направлениям, в электронном варианте со всеми материалами в текстовом редакторе «Microsoft Office Word (97, 2000, 2007, 2010) для Windows» (в форматах .doc, .docx, .rtf).

– Общий объем статьи, включая аннотации, литературу, таблицы, рисунки и математические формулы должен составлять **не менее 7 и не более 12 страниц печатного текста**. Поля страниц – 30 мм со всех сторон листа; Текст статьи: кегль – 14 пунктов, гарнитура – Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка).

Структура научной статьи включает название, аннотация, ключевые слова, основные положения, введение, материалы и методы, результаты и обсуждение, заключение, выводы, информацию о финансировании (при наличии), список использованных источников (литературы) к каждой статье, включая романизированный (транслитерированный латинским алфавитом) вариант написания источников на кириллице (на казахском и русском языках) см. ГОСТ 7.79–2000 (ИСО 9–95) Правила транслитерации кирилловского письма латинским алфавитом.

**Статья должна содержать:**

1. **МРНТИ** (Межгосударственный рубрикатор научной технической информации);

2. **DOI** – после МРНТИ в верхнем правом углу (присваивается и заполняется редакцией журнала);

3. **Инициалы** (имя, отчество) **Фамилия** автора (-ов) – на казахском, русском и английском языках (жирным шрифтом, по центру);

Автор, который внес наибольший интеллектуальный вклад в подготовку рукописи (при двух и более соавторах), является автором-корреспондентом и обозначается «\*».

Авторы из разных учебных заведений указываются цифрами <sup>1,2</sup>.

4. **Аффилиация** (организация (место работы (учебы)), страна, город) – на казахском, русском и английском языках. Полные данные об аффилиации авторов представляются в конце журнала;

5. **Название статьи** должно отражать содержание статьи, тематику и результаты проведенного научного исследования. В название статьи необходимо вложить информативность, привлекательность и уникальность (не более 12 слов, прописными буквами, жирным шрифтом, по центру, на трех языках: русский, казахский, английский либо немецкий);

6. **Аннотация** – краткая характеристика назначения, содержания, вида, формы и других особенностей статьи. Должна отражать основные и ценные, по мнению автора, этапы, объекты, их признаки и выводы проведенного исследования. Даётся на казахском, русском и английском либо немецком языках (рекомендуемый объем аннотации на языке публикации – не менее 150, не более 300 слов, курсив, нежирным шрифтом, кегль – 12 пунктов, абзацный отступ слева и справа 1 см, см. образец);

**7. Ключевые слова** – набор слов, отражающих содержание текста в терминах объекта, научной отрасли и методов исследования (оформляются на трех языках: русский, казахский, английский либо немецкий; кегль – 12 пунктов, курсив, отступ слева-справа – 1 см.). Рекомендуемое количество ключевых слов – 5-8, количество слов внутри ключевой фразы – не более 3. Задаются в порядке их значимости, т.е. самое важное ключевое слово статьи должно быть первым в списке (см. образец);

**8. Основной текст статьи** излагается в определенной последовательности его частей, включает в себя:

- **Введение** (абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов). Обоснование выбора темы; актуальность темы или проблемы. Актуальность темы определяется общим интересом к изученности данного объекта, но отсутствием исчерпывающих ответов на имеющиеся вопросы, она доказывается теоретической или практической значимостью темы.

- **Материалы и методы** (абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов). Должны состоять из описания материалов и хода работы, а также полного описания использованных методов.

- **Результаты и обсуждение** (абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов). Приводится анализ и обсуждение полученных вами результатов исследования. Приводятся выводы по полученным в ходе исследования результатам, раскрывается основная суть. И это один из самых важных разделов статьи. В нем необходимо провести анализ результатов своей работы и обсуждение соответствующих результатов в сравнении с предыдущими работами, анализами и выводами.

- **Информацию о финансировании** (при наличии) (абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов).

- **Выводы** (абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов).

Выводы – обобщение и подведение итогов работы на данном этапе; подтверждение истинности выдвигаемого утверждения, высказанного автором, и заключение автора об изменении научного знания с учетом полученных результатов. Выводы не должны быть абстрактными, они должны быть использованы для обобщения результатов исследования в той или иной научной области, с описанием предложений или возможностей дальнейшей работы.

- **Список использованных источников** (жирными буквами, кегль – 14 пунктов, в центре) включает в себя:

Статья и список использованных источников должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 7.5-98; ГОСТ 7.1-2003 (см. образец).

Очередность источников определяется следующим образом: сначала последовательные ссылки, т.е. источники на которые вы ссылаетесь по очередности в самой статье. Затем дополнительные источники, на которых нет ссылок, т.е. источники, которые не имели места в статье, но рекомендованы вами читателям для ознакомления, как смежные работы, проводимые параллельно. *Объем не менее 10, не более чем 20 наименований* (ссылки и примечания в статье обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки), преимущественно за последние 10–15 лет.

В случае наличия в списке использованных источников работ на кириллице (на казахском и русском языках), необходимо представить список литературы в двух вариантах: 1) в оригинале (указываются источники на русском, казахском и английском либо немецком языках); 2) романизированный вариант написания источников на кириллице (на казахском и русском языках), то есть транслитерация латинским алфавитом. см. ГОСТ 7.79–2000 (ИСО 9–95) Правила транслитерации кирилловского письма латинским алфавитом.

**Онлайн сервис Транслитерация по ГОСТу – <https://transliteration-online.ru/>**

#### **Правила транслитерации кирилловского письма латинским алфавитом.**

**Романизированный список литературы должен выглядеть следующим образом:** автор(-ы) (транслитерация либо англоязычный вариант при его наличии) → название статьи в транслитерированном варианте → [перевод названия статьи на английский язык в квадратных скобках] → название казахоязычного либо русскоязычного источника (транслитерация, либо английское название при его наличии) → выходные данные с обозначениями на английском языке.

• **Иллюстрации, перечень рисунков** и подрисуночные надписи к ним представляют по тексту статьи. В электронной версии рисунки и иллюстрации представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.

• **Математические формулы** должны быть набраны в Microsoft Equation Editor (каждая формула – один объект).

**На отдельной странице (после статьи)**

В электронном варианте приводятся **полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, e-mail** (номера телефонов для связи редакции с авторами, не публикуются);

**Сведения об авторах**

На казахском языке	На русском языке	На английском языке
Фамилия Имя Отчество (полностью)		
Должность, ученая степень, звание		
Организация		
Город		
Индекс		
Страна		
E-mail		
Телефон		

**ОБРАЗЕЦ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ**

МРНТИ 04.51.59

DOI xxxxxxxxxxxxxxxxx

**С. К. Антикеева\*, С. К. Ксембаева**

Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

**ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ  
КОМПЕТЕНЦИЙ СОЦИАЛЬНЫХ РАБОТНИКОВ  
ЧЕРЕЗ КУРСЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**

В данной статье представлена теоретическая модель формирования личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации, которая разработана в рамках докторской диссертации «Формирование личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации». В статье приводятся педагогические аспекты самого процесса моделирования, перечислены этапы педагогического моделирования. Представлены методологический, процессуальный (технологический) и инструментальный уровни модели, ее цель, мониторинг сформированности искомых компетенций, а также результат. В модели показаны компетентностный, личностно-ориентированный и практико-ориентированный педагогические подходы, закономерности, принципы, условия формирования выбранных компетенций; описаны этапы реализации процесса формирования, уровни сформированности личностных и профессиональных компетенций. В разделе практической подготовки предлагается интерактивная работа в системе слушатель-преподаватель-группа, подразумевающая личное участие каждого специалиста, а также открытие первого в нашей стране Республиканского общественного объединения «Национальный альянс профессиональных социальных работников». Данная модель подразумевает под собой дальнейшее совершенствование и самостоятельное развитие личностных и профессиональных компетенций социальных работников. Это позволяет увидеть в модели эффективность реализации курсов повышения квалификации, формы, методы и средства работы.

**Ключевые слова:** теоретическая модель, компетенции, повышение квалификации, социальные работники.

## Введение

Социальная работа – относительно новая для нашей страны профессия. Поэтому обучение социальных работников на современной стадии не характеризуется наличием достаточно разработанных образовательных стандартов, которые находили бы выражение в формулировке педагогических целей, в содержании, технологиях учебного процесса.

## Продолжение текста публикуемого материала

### Материалы и методы

Теоретический анализ научной психолого-педагогической и специальной литературы по проблеме исследования; анализ законодательных и нормативных документов по открытию общественных объединений; анализ содержания программ курсов повышения квалификации социальных работников; моделирование; анализ и обобщение педагогического опыта; опросные методы (беседа, анкетирование, интервьюирование); наблюдение; анализ продуктов деятельности специалистов; эксперимент, методы математической статистики по обработке экспериментальных данных.

## Продолжение текста публикуемого материала

### Результаты и обсуждение

Чтобы понять объективные закономерности, лежащие в основе процесса формирования и развития личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации, необходимо четко представлять себе их модель.

## Продолжение текста публикуемого материала

### Выводы

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что теоретическая модель формирования личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации содержит три уровня ее реализации.

## Продолжение текста публикуемого материала

### Список использованных источников

1 **Дахин, А. Н.** Педагогическое моделирование : сущность, эффективность и неопределенность [Текст] // Педагогика. – 2003. – № 4. – С. 22.

2 **Кузнецова, А. Г.** Развитие методологии системного подхода в отечественной педагогике : монография [Текст]. – Хабаровск : Изд-во ХКИППК ПК, 2001. – 152 с.

3 **Каропа, Г. Н.** Системный подход к экологическому образованию и воспитанию (На материале сельских школ) [Текст]. – Минск, 1994. – 212 с.

4 **Штольф, В. А.** Роль моделей в познании [Текст] – Л. : ЛГУ, 1963. – 128 с.

5 **Таубаева, Ш.** Методология и методика дидактического исследования : учебное пособие [Текст]. – Алматы : Казак университети, 2015. – 246 с.

6 **Дахин, А. Н.** Моделирование компетентности участников открытого образования [Текст]. – М. : НИИ школьных технологий 2009. – 290 с.

7 **Дахин, А. Н.** Моделирование в педагогике [Текст] // Идеи и идеалы. – 2010. – № 1(3). – Т. 2 – С. 11–20.

8 **Дахин, А. Н.** Педагогическое моделирование: монография [Текст]. – Новосибирск : Изд-во НИПКиПРО, 2005. – 230 с.

9 **Аубакирова, С. Д.** Формирование деонтологической готовности будущих педагогов к работе в условиях инклюзивного образования : дисс.на соиск. степ. д-ра филос. (PhD) по 6D010300 – Педагогика и психология [Текст] – Павлодар, 2017. – 162 с.

10 **Арын, Е. М., Пфейфер, Н. Э., Бурдина, Е. И.** Теоретические аспекты профессиональной подготовки педагога XXI века : учеб. пособие [Текст]. – Павлодар : ПГУ им. С. Торайғырова; СПб. : ГАФКиСим. П. Ф. Лесгафта, 2005. – 270 с.

### References

1 **Dahin, A. N.** Pedagogicheskoe modelirovaniye: suschnost, effectivnost i neopredelennost [Pedagogical modeling : essence, effectiveness, and uncertainty] [Text]. In Pedagogy. – 2003. – № 4. – P. 22.

2 **Kuznetsova, A. G.** Razvitie metodologii sistemnogo podhoda v otechestvennoi pedagogike [Development of the system approach methodology in Russian pedagogy : monograph] [Text]. – Khabarovsk : Izd-vo KhK IPPK PK, 2001. – 152 p.

3 **Karopa, G. N.** Sistemnyi podhod k ecologicheskemu obrazovaniu i vospitaniyu (Na materiale selskikh shkol) [The systematic approach to environmental education and upbringing (Based on the material of rural schools)] [Text] – Minsk, 1994. – 212 p.

4 **Shtoff, V. A.** Rol modelei v poznaniy [The role of models in cognition] [Text] – L. : LGU, 1963. – 128 p.

5 **Taubayeva, Sh.** Metodologiya i metodika didakticheskogo issledovaniya : uchebnoe posobie [Methodology and methods of educational research : a tutorial] [Text] – Almaty : Kazak University, 2015. – 246 p.

6 **Dahin, A. N.** Modelirovanie kompetentnosti uchastnikov otkrytogo obrazovaniya [Modeling the competence of open education participants] [Text] – Moscow : NII shkolnyh tehnologii, 2009. – 290 p.

7 **Dahin, A. N.** Modelirovaniye v pedagogike [Modeling in pedagogy] [Text]. In Idei i idealy. – 2010. – № 1(3). – T. 2 – P. 11–20.

8 **Dahin, A. N.** Pedagogicheskoe modelirovaniye : monographia [Pedagogical modeling : monograph] [Text]. – Novosibirsk : Izd-vo NIPKиPRO, 2005. – 230 p.

9 **Aubakirova, S. D.** Formirovaniye deontologicheskoi gotovnosti buduschihih pedagogov k rabote v usloviyah inklyusivnogo obrazovaniya : dissertaciya na soiskanie stepeni doctora filosofii (PhD) po specialnosti 6D010300 – Pedagogika i psihologiya. [Formation of deontological readiness of future teachers to work in inclusive education : dissertation for the degree of doctor of philosophy (PhD) in the specialty 6D010300- Pedagogy and psychology] [Text] – Pavlodar, 2017. – 162 p.

10 **Aryn, E. M., Pfeifer, N. E., Burdina, E. I.** Teoreticheskie aspekty professionalnoi podgotovki pedagoga XXI veka : ucheb. posobie [Theoretical aspects of professional training of a teacher of the XXI century : textbook] [Text] – Pavlodar : PGU im. S. Toraigyrova PSU; St.Petersburg. : GAFKiS im. P. F. Lesgafta, 2005. – 270 p.

C. K. Antikeeva\*, C. K. Ksembaeva

Торайғыров университет, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

## **БІЛІКТІЛІКТІ АРТТЫРУ КУРСТАРЫ АРҚЫЛЫ ӘЛЕУМЕТТІК ҚЫЗМЕТКЕРЛЕРДІҢ ҚҰЗЫРЕТТІЛІКТЕРІН ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ МОДЕЛІ**

Бұл мақалада «Әлеуметтік қызметкерлердің біліктілігін арттыру курсары арқылы тұлғалық және кәсіби құзыреттіліктерін қалыптастыру» докторлық диссертация шеңберінде әзірленген біліктілікті арттыру курсары арқылы әлеуметтік қызметкерлердің тұлғалық және кәсіби құзыреттілігін қалыптастырудың теориялық моделі ұсынылған. Мақалада модельдеу процесінің педагогикалық аспектілері, педагогикалық модельдеудің кезеңдері көлтірілген. Модельдің әдіснамалық, процессуалдық (технологиялық) және аспаптық деңгейлері, оның мақсаты, қажетті құзыреттердің қалыптары мониторингі, сондай-ақ нәтижесі ұсынылған. Модельде құзыреттілікке, тұлғага бағытталған және практикага бағытталған педагогикалық тәсілдер, таңдалған құзыреттердің қалыптастыру заңдылықтары, қагидаттары, шарттары көрсетілген; қалыптару процесін іске асыру кезеңдері, жеке және кәсіби құзыреттердің қалыптару деңгейлері сипатталған. Практикалық дайындық белгімінде тыңдаушы-окытушы-топ жүйесінде интерактивті жұмыс ұсынылады, ол әр маманның жеке қатысуын, сондай-ақ еліміздеге алғашқы «кәсіби әлеуметтік қызметкерлердің ұлттық альянсы» республикалық қоғамдық бірлестігінің ашылуын білдіреді. Бұл модель

әлеуметтік қызметкерлердің жеке және кәсіби құзыреттерін одан әрі жетілдіруді және тәуелсіз дамытуды білдіреді. Бұл модельде біліктілікті арттыру курстарын іске асырудың тиімділігін, жұмыс нысандары, әдістері мен құралдарын көруге мүмкіндік береді.

*Кілтті сөздер: теориялық модель, құзыреттілік, біліктілікті арттыру, әлеуметтік қызметкерлер.*

S. K. Antikeeva\*, S. K. Ksembaeva

Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

## **THEORETICAL MODEL OF FORMATION COMPETENCIES OF SOCIAL WORKERS THROUGH PROFESSIONAL DEVELOPMENT COURSES**

This article presents a theoretical model for the formation of personal and professional competencies of social workers through advanced training courses, which was developed in the framework of the doctoral dissertation «Formation of personal and professional competencies of social workers through advanced training courses». The article presents the pedagogical aspects of the modeling process itself, and lists the stages of pedagogical modeling. The methodological, procedural (technological) and instrumental levels of the model, its purpose, monitoring the formation of the required competencies, as well as the result are presented. The model shows competence-based, personality-oriented and practice-oriented pedagogical approaches, patterns, principles, conditions for the formation of selected competencies; describes the stages of the formation process, the levels of formation of personal and professional competencies. The practical training section offers interactive work in the listener-teacher-group system, which implies the personal participation of each specialist, as well as the opening of the first Republican public Association in our country, the national Alliance of professional social workers. This model implies further improvement and independent development of personal and professional competencies of social workers. This allows you to see in the model the effectiveness of the implementation of advanced training courses, forms, methods and means of work.

*Keywords: theoretical model, competencies, professional development, social workers.*

### Сведения об авторах

На казахском языке	На русском языке	На английском языке
Антикеева Самал Канатовна «Педагогика және психология» мамандығы бойынша докторант Торайғыров университеті, Гуманитарлық және әлеуметтік ғылымдар факультеті, Павлодар, 140008, Қазақстан Республикасы, samal_antikeyeva@mail.ru, 8-000-000-00-00	Антикеева Самал Канатовна докторант по специальности «Педагогика и психология», Торайғыров университет, Факультет гуманитарных и социальных наук, Павлодар, 140008, Республика Казахстан, samal_antikeyeva@mail.ru, 8-000-000-00-00	Samal Kanatovna Antikeyeva doctoral student in «Pedagogy and psychology», Toraighyrov University, Faculty of Humanities and Social Sciences, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, samal_antikeyeva@mail.ru, 8-000-000-00-00

### ПУБЛИКАЦИОННАЯ ЭТИКА

#### В НАУЧНОМ ЖУРНАЛЕ

#### «ВЕСТНИК ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА. СЕРИЯ: ФИЗИКА, МАТЕМАТИКА И КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ»

Редакционная коллегия научных журналов НАО «Торайғыров университет» «Вестник Торайғыров университета», «Наука и техника Казахстана» и научно-популярного журнала «Краеведение» в своей профессиональной деятельности придерживаются принципов и норм Публикационной этики научных журналов НАО «Торайғыров университет». Публикационная этика разработана в соответствии с международной публикационной этической нормой Комитета по публикационной этике (COPE), этическими принципами публикации журналов Scopus (Elsevier), Кодекса академической честности НАО «Торайғыров университет».

Публикационная этика определяет нормы, принципы и стандарты этического поведения редакторов, рецензентов и авторов, меры по выявлению конфликтов интересов, неэтичного поведения, инструкции по изъятию (ретракции), исправлению и опровержению статьи.

Все участники процесса публикации, соблюдают принципы, нормы и стандарты публикационной этики.

Качество научного журнала обеспечивается исполнением принципов участников процесса публикации: равенства всех авторов, принцип конфиденциальности, однократные публикации, авторства рукописи, принцип оригинальности, принцип подтверждения источников, принцип объективности и своевременности рецензирования.

Права и обязанности членов редакционных коллегий научных журналов НАО «Торайғыров университет» «Вестник Торайғыров университета», «Наука и техника Казахстана» и научно-популярного журнала «Краеведение» определены СО СМК 8.12.3-20 Управление научно-издательской деятельностью.

#### Права и обязанности рецензентов

Рецензенты научных журналов «Вестник Торайғыров университета», «Наука и техника Казахстана», научно-популярного журнала «Краеведение», обязаны руководствоваться принципом объективности.

Персональная критика в адрес автора(-ов) рукописи недопустима. Рецензент должен аргументировать свои замечания и обосновывать свое решение о принятии рукописи или о ее отклонении.

Национальность, религиозная принадлежность, политические или иные взгляды автора(-ов) не должны приниматься во внимание и учитываться в процессе рецензирования рукописи рецензентом(-ами).

Экспертная оценка, составленная рецензентом должна способствовать принятию решения редакцией о публикации и помогать автору улучшить рукопись.

Решение о принятии рукописи к публикации, возвращение работы автору на изменение или доработку, либо решение об отклонении от публикации принимается редколлегией опираясь на результаты рецензирования.

**Принцип своевременности рецензирования.** Рецензент обязан предоставить рецензию в срок, определенный редакцией, но не позднее 2-4 недель с момента получения рукописи на рецензирование. Если рассмотрение статьи и подготовка рецензии в назначенные сроки невозможны, то рецензент должен незамедлительно уведомить об этом научного редактора.

Рецензент, который считает, что его квалификация не соответствует либо недостаточна для принятия решения при рецензировании предоставленной рукописи должен незамедлительно сообщить об этом научному редактору и отказаться от рецензирования рукописи.

**Принцип конфиденциальности со стороны рецензента.** Рукопись, предоставленная рецензенту на рецензирование должна рассматриваться как конфиденциальный материал. Рецензент имеет право демонстрировать ее и/или обсуждать с другими лицами только после получения письменного разрешения со стороны научного редактора журнала и/или автора(-ов).

Информация и идеи научной работы, полученные в ходе рецензирования и обеспечения публикационного процесса, не должны быть использованы рецензентом(-ами) для получения личной выгоды.

**Принцип подтверждения источников.** Рецензент должен указать научные работы, которые оказали бы влияние на исследовательские результаты рассматриваемой рукописи, но не были приведены автором(-ами). Также рецензент обязан обратить внимание научного редактора на значительное сходство или совпадение между рассматриваемой рукописью и ранее опубликованной работой, о котором ему известно.

Если у рецензента имеются достаточные основания полагать, что в рукописи содержится плагиат, некорректные заимствования, ложные и сфабрикованные материалы или результаты исследования, то он не должен допустить рукопись к публикации и проинформировать научного редактора журнала о выявленных нарушениях принципов, стандартов и норм публикационной и научной этики.

## Права и обязанности авторов

Публикационная этика базируется на соблюдении принципов:

Однократность публикации. Автор(-ы) гарантируют что представленная в редакцию рукопись статьи не была представлена для рассмотрения в другие издания. Представление рукописи единовременно в нескольких журналах/изданиях неприемлемо и является грубым нарушением принципов, стандартов и норм публикационной этики.

**Авторство рукописи.** Лицо, которое внесло наибольший интеллектуальный вклад в подготовку рукописи (при двух и более соавторах), является автором-корреспондентом и указывается первым в списке авторов.

Для каждой статьи должен быть назначен автор для корреспонденции, который отвечает за подготовку финальной версии статьи, коммуникацию с редколлегией, должен обеспечить включение всех участников исследования (при количестве авторов более одного), внесших в него достаточный вклад, в список авторов, а также получить одобрение окончательной версии рукописи от всех авторов для представления в редакцию для публикации. Все авторы, указанные в рукописи/статье, несут ответственность за содержание работы.

**Принцип оригинальности.** Автор(-ы) гарантирует, что результаты исследования, изложенные в рукописи, представляют собой оригинальную самостоятельную работу, и не содержат некорректных заимствований и плагиата, которые могут быть выявлены в процессе.

Авторы несут ответственность за публикацию статей с признаками неэтичного поведения, плагиата, самоплагиата, самоцитирования, фальсификации, фабрикации, искажения данных, ложного авторства, дублирования, конфликта интересов и обмана.

**Принцип подтверждения источников.** Автор(ы) обязуется правильно указывать научные и иные источники, которые он(и) использовал(и) в ходе исследования. В случае использования каких-либо частей чужих работ и/или заимствования утверждений другого автора(-ов) в рукописи должны быть указаны библиографические ссылки с указанием автора(-ов) первоисточника. Информация, полученная из сомнительных источников не должна использоваться при оформлении рукописи.

В случае, если у рецензентов, научного редактора, члена(-ов) редколлегии журнала возникают сомнения подлинности и достоверности результатов исследования, автор(-ы) должны предоставить дополнительные материалы для подтверждения результатов или фактов, приводимых в рукописи.

Исправление ошибок в процессе публикации. В случае выявления ошибок и неточностей в работе на любой стадии публикационного процесса авторы обязуются в срочном порядке сообщить об этом научному редактору и оказать помощь в устранении или исправлении ошибки для публикации

на сайте журнала соответствующей коррекции (Erratum или Corrigendum) с комментариями. В случае обнаружения грубых ошибок, которые невозможно исправить, автор(-ы) должен(-ны) отозвать рукопись/статью.

**Принцип соблюдения публикационной этики.** Авторы обязаны соблюдать этические нормы, связанные с критикой или замечаниями в отношении исследований, а также в отношении взаимодействия с редакцией по поводу рецензирования и публикации. Несоблюдение этических принципов авторами расценивается как грубое нарушение этики публикаций и дает основание для снятия рукописи с рецензирования и/или публикации.

#### **Конфликт интересов**

Конфликт интересов, по определению Комитета по публикационной этике (COPE), это конфликтные ситуации, в которых авторы, рецензенты или члены редколлегии имеют неявные интересы, способные повлиять на их суждения касательно публикуемого материала. Конфликт интересов появляется, когда имеются финансовые, личные или профессиональные условия, которые могут повлиять на научное суждение рецензента и членов редколлегии, и, как результат, на решение редколлегии относительно публикации рукописи.

Главный редактор, член редколлегии и рецензенты должны оповестить о потенциальном конфликте интересов, который может как-то повлиять на решение редакционной коллегии. Члены редколлегии должны отказаться от рассмотрения рукописи, если они состоят в каких-либо конкурентных отношениях, связанных с результатами исследования автора(-ов) рукописи, либо если существует иной конфликт интересов.

При подаче рукописи на рассмотрение в журнал, автор(-ы) заявляет о том, что в содержании рукописи указаны все источники финансирования исследования; также указывают, какие имеются коммерческие, финансовые, личные или профессиональные факторы, которые могли бы создать конфликт интересов в отношении поданной на рассмотрение рукописи. Автор(ы), в письме при наличии конфликта интересов, могут указать ученых, которые, по их мнению, не смогут объективно оценить их рукопись.

Рецензент не должен рассматривать рукописи, которые могут послужить причинами конфликта интересов, проистекающего из конкуренции, сотрудничества или других отношений с кем-либо из авторов, имеющих отношение к рукописи.

В случае наличия конфликта интересов с содержанием рукописи, ответственный секретарь должен известить об этом главного редактора, после чего рукопись передается другому рецензенту.

Существование конфликта интересов между участниками в процессе рассмотрения и рецензирования не значит, что рукопись будет отклонена.

Всем заинтересованным лицам необходимо, по мере возможности избегать возникновения конфликта интересов в любых вариациях на всех этапах публикации. В случае возникновения какого-либо конфликта интересов тот, кто обнаружил этот конфликт, должен незамедлительно оповестить об этом редакцию. То же самое касается любых других нарушений принципов, стандартов и норм публикационной и научной этики.

#### **Неэтичное поведение**

Неэтичным поведением считаются действия авторов, редакторов или издателя, в случае самостоятельного предоставления рецензии на собственные статьи, в случае договорного и ложного рецензирования, в условиях обращения к агентским услугам для публикации результатов научного исследования, лжеавторства, фальсификации и фабрикации результатов исследования, публикация недостоверных псевдо-научных текстов, передачи рукописи статей в другие издания без разрешения авторов, передачи материалов авторов третьим лицам, условия когда нарушены авторские права и принципы конфиденциальности редакционных процессов, в случае манипуляции с цитированием, plagiatом.

Теруге 15.12.2023 ж. жіберілді. Басуға 29.12.2023 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

7,50 Mb RAM

Шартты баспа табағы 10,01. Тарапалымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 4178

Сдано в набор 15.12.2023 г. Подписано в печать 29.12.2023 г.

Электронное издание

7,50 Mb RAM

Усл.печ.л. 10,01. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 4178

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

«Торайғыров университеті» КЕ АҚ

140008, Павлодар қ., Ломов қ., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

«Торайғыров университеті» КЕ АҚ

140008, Павлодар қ., Ломов қ., 64, 137 каб.

+7(718)267-36-69

e-mail: [kereku@tou.edu.kz](mailto:kereku@tou.edu.kz)

[www.vestnik.tou.edu.kz](http://www.vestnik.tou.edu.kz)

<https://vestnik-pm.tou.edu.kz/>