

ISSN 2959-5894

Индекс 74231

Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті  
Казахский национальный педагогический университет имени Абая  
Abai Kazakh National Pedagogical University

# ХАБАРШЫ

«Физика-математика ғылымдары» сериясы  
Серия «Физико-математические науки»  
Series of Physics & Mathematical Sciences  
№2(82)

Алматы, 2023

Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті

ХАБАРШЫ  
«Физика-математика ғылымдары»  
сериясы №2 (82), 2023 ж.

Бас редактор:  
ф.-м.ғ.д. М.А. Бектемесов

Редакция алқасы:

Бас ред.орынбасары:  
т.ғ.д., ҚР ҰҒА академигі Г.Уалиев,  
п.ғ.д., Е.Ы. Бидайбеков,  
ф.-м.ғ.д., ҚР ҰҒА корр-мүшесі В.Н. Косов

Жауапты хатшылар:  
п.ғ.к. Ш.Т. Шекербекова,  
п.ғ.к. Г.А. Абдулкаримова

Редакциялық алқа мүшелері:  
Dr.Sci. К.Алихан (Japan),  
Phd.d. А.Сабата (Spain),  
Phd.d. Е.Ковачева (Bulgaria),  
Phd.d. М.Ружанский (England),  
п.ғ.д., ҚР ҰҒА академигі  
А.Е. Абылкасымова,  
т.ғ.д., ҚР ҰҒА корр-мүшесі Е.Амиргалиев,  
ф.-м.ғ.д. А.С. Бердышев,  
т.ғ.д. С.Г. Григорьев (Ресей),  
п.ғ.д. В.В. Гриншкун (Ресей),  
ф.-м.ғ.д. С.И. Кабанихин (Ресей),  
ф.-м.ғ.д., ҚР ҰҒА академигі  
М.Н. Калимолдаев,  
ф.-м.ғ.д. Ф.Ф. Комаров  
(Республика Беларусь),  
т.ғ.д. М.К. Кұлбек,  
ф.-м.ғ.д. В.М. Лисицин (Ресей),  
п.ғ.д. Э.М. Мамбетакунов  
(Қырғыз Республикасы),  
ф.-м.ғ.д. С.Т. Мухамбетжанов  
п.ғ.д. Н.И. Пак (Ресей),  
ф.-м.ғ.д. С.Қ. Сахиев,  
п.ғ.д. Б.Д. Сыдықов,  
т.ғ.д., ҚР ҰҒА корр-мүшесі А.К. Тулешов,  
т.ғ.д., ҚР ҰҒА корр-мүшесі З.Г. Уалиев,  
т.ғ.к. Ш.И. Хамраев

© Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, 2023

Қазақстан Республикасының Ақпарат министрлігінде тіркелген  
№ 4824 – Ж - 15.03.2004  
(Журнал бір жылда 4 рет шығады)  
2000 жылдан бастап шығады

Басуға 27.06.2023 қол қойылды  
Пішімі 60x84 1/8. Көлемі 36,25 е.б.т.  
Таралымы 300 дана. Тапсырыс 621.

050010, Алматы қаласы,  
Достық даңғылы, 13  
Абай атындағы ҚазҰПУ-ің “Ұлағат” баспасы

М а з м ұ н ы  
С о д е р ж а н и е  
C o n t e n t

МАТЕМАТИКА

MATHEMATICS

Abek A.N., Khairkulova A.A., Turgumbayev M.Zh.  
On non-increasing rearrangements of the generalized fractional maximal function ..... 7

Айтжанов С.Е., Марат А.Е.  
Өзгешеленетін үшінші ретті дифференциалдық теңдеудің шешімділігі ..... 15

Касым А.С.  
Об одной коэрцитивной оценке в пространствах мультипликаторов ..... 22

Кошанова М.Д., Муратбекова М.А., Турметов Б.Х.  
Инволюциялы параболалық теңдеу үшін кейбір кері есептер туралы ..... 30

Сартабанов Ж.А.  
Периодичность характеристик оператора дифференцирования по диагонали ..... 40

ЕСЕПТЕУ МАТЕМАТИКАСЫ ЖӘНЕ  
МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ

COMPUTER MATHEMATICS AND MATHEMATICAL MODELING

Болысбек Д.Ә., Асилбеков Б.К., Кульджабеков А.Б.  
Численное изучение влияния растворения породы на поровую структуру карбонатных образцов на основе экспериментальных данных ..... 54

Кабанихин С.И., Бектемесов М.А., Бектемесов Ж.М.  
Решение некоторых обратных задач эпидемиологии стохастическими природоподобными методами ..... 64

Шияпов К.М., Байшемиров Ж.Д., Жанбырбаев А.Б.  
Сығылмайтын араласпайтын сұйықтар ағындары үшін қысымды түзету үрдісіне сандық зерттеу ..... 72

ФИЗИКАЛЫҚ ПРОЦЕСТЕР МЕН МЕХАНИКАЛЫҚ  
ЖҮЙЕЛЕРДІ МОДЕЛЬДЕУ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И  
МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

MODELING OF PHYSICAL PROCESSES AND  
MECHANICAL SYSTEMS

Ахатаева Ж.О., Кошанова Г.Р., Диярова Л.Д.,  
Кулжагарова Б.Т., Мукушев Б.А.  
Механикалық құбылыстарды сипаттайтын трансценденттік теңдеулерлер ..... 80

Казахский национальный  
педагогический университет  
имени Абая

ВЕСТНИК  
Серия «Физико-математические науки»  
№2 (82), 2023 г.

Главный редактор:  
д.ф.-м.н. Бектемесов М.А.

Редакционная коллегия:

Зам.главного редактора:  
д.ф.-м.н., академик НАН РК Уалиев Г.,  
д.п.н. Бидайбеков Е.Ы.,  
д.ф.-м.н., член-корр. НАН РК Косов В.Н.,

Ответ. секретари:  
к.п.н. Шекербекова Ш.Т.,  
к.п.н. Абдулкаримова Г.А.

Члены редколлегии:  
Dr.Sci. Alimhan K. (Japan),  
Phd.d. Cabada A. (Spain),  
Phd.d. Kovatcheva E. (Bulgaria),  
Phd.d. Ruzhansky M. (England),  
д.п.н., академик НАН РК Абылкасымова А.Е.,  
д.т.н., член-корр. НАН РК Амиргалиев Е.,  
д.ф.-м.н. Бердышев А.С.,  
д.т.н. Григорьев С.Г. (Россия),  
д.п.н. Гриншкун В.В. (Россия),  
д.ф.-м.н. Кабанихин С.И. (Россия),  
д.ф.-м.н., академик НАН РК  
Калимолдаев М.Н.,  
д.ф.-м.н. Комаров Ф.Ф.  
(Республика Беларусь),  
д.т.н. Кулбек М.К.,  
д.ф.-м.н. Лисицин В.М. (Россия),  
д.п.н. Мамбетакунов Э.М.  
(Киргизская Республика),  
д.ф.-м.н. Мухамбетжанов С.Т.,  
д.п.н. Пак Н.И. (Россия),  
д.ф.-м.н. Сахнев С.Қ.,  
д.п.н. Сыдықов Б.Д.,  
д.т.н., член-корр. НАН РК Тулешов А.К.,  
д.т.н., член-корр. НАН РК Уалиев З.Г.,  
к.т.н. Хамраев Ш.И.

© Казахский национальный педагогический  
университет им. Абая, 2023

Зарегистрирован в Министерстве  
информации  
Республики Казахстан,  
№ 4824 - Ж - 15.03.2004  
(периодичность – 4 номера в год)  
Выходит с 2000 года

Подписано в печать 27.06.2023.  
Формат 60x84 1/8. Об. 36,25 уч.-изд.л.  
Тираж 300 экз. Заказ 621.

050010, г. Алматы, пр. Достык, 13,  
Издательство «Улағат» КазНПУ им. Абая

Берикханова Г.Е., Жолымбаев О.М., Аниязов А.А.  
Некоторые физические задачи, приводящие к уравнению  
Бесселя..... 90

МАТЕМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ  
МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ  
METHODS OF TEACHING MATHEMATICS

Абылкасымова А.Е., Курманов А.А., Туяков Е.А.  
Методические аспекты применения дифференциальных  
уравнений при изучении темы «Электромагнитные волны» .. 100

Ануар Ә.И., Касенов С.Е., Рахмет Ш.Т.,  
Багтов К.Х., Тлеулесова А.М.  
«Көпжақтар» тақырыбын оқытуда ақпараттық технологиялар  
әдістерін қолдану ..... 111

Ахатай А.А., Сейтмұратов А.Ж., Усайнова Г.М.  
Мектептегі пәнаралық stem білім берудегі математиканың  
рөлі ..... 119

Дюсембаева Г.С., Нугуманов Н.И.  
О применении метода проектов при изучении дисциплин  
математического цикла студентами технических  
специальностей ..... 127

Nurbavliyyev O.K., Gur T., Almas A., Abdulkaki M.  
The effect of active learning on students' success and information  
retention in advanced mathematics ..... 140

Сайфетдинова С.Р., Тлеулесова А. М., Сейсен Ұ. Ә.  
Ықтималдықтар теориясы мен математикалық статистиканы  
мектепте оқыту кезіндегі информатика мен математиканың  
пәнаралық байланысы ..... 147

Сейтбекова Г.О., Кокажаева А.Б., Өмірзақова Г.М.  
Мектеп геометрия курсындағы есептердің берілу шартын  
және шешімін зерттеу ..... 159

Талипова М.Ж., Бекбауова А.У.  
Математика пәні арқылы құзіреттіліктерді қалыптастырудың  
маңызы ..... 166

ИНФОРМАТИКА  
COMPUTER SCIENCE

Исакова Г.О., Сулейменова Р.З., Таныкпаева Б.Е.,  
Есенбаева Г.Р., Тулкибаев А.Ж.  
Базальқ интерактивті объектілері бар динамикалық  
сайттарды бағдарламалау ерекшеліктері ..... 177

Қожахмет Қ.Т., Өмірәлі А.М., Баязитов Д.А.  
Иновационные методы искусственного интеллекта для  
выявления истинных и ложных высказываний ..... 186

Скабылов А.А., Жексебай Д.М.,  
Ибраимов М.К., Налибаев Е.Д.  
Применение хаотических генераторов для секретного ключа  
в приемо-передающих электронных устройствах ..... 194

Abai Kazakh National  
Pedagogical University

BULLETIN  
Ser. Physics & Mathematical Sciences

№2 (82), 2023.

Editor-in-Chief  
Dr. Sci. Bektemesov M.A.

Deputy Editor-in-Chief:  
Dr. Sci., Academician of NAS RK Ualiyev G.,  
Dr. Sci. (Ped.), Bidaibekov Ye.Y.,  
Dr. Sci., Corresponding member  
of the NAS of RK Kosov V.N.,

Responsible editorial secretary:  
Cand. Sci. (Ped.) Shekerbekova Sh.  
Cand. Sci. (Ped.) Abdulkarimova G.A.

Editorial board:

Dr. Sci. Alimhan K. (Japan),  
Phd.d. Cabada A. (Spain),  
Phd.d Kovatcheva E. (Bulgaria),  
Phd.d. Ruzhansky M. (England),  
Dr. Sci. (Ped.), Academician NAS of RK  
Abylkasymova A.Ye.,  
Dr. Sci. (Engineering), Corresponding member  
of the NAS of RK Amirgaliyev Ye.,  
Dr. Sci. Berdyshev A.S.  
Dr. Sci. Grigoriev S.G. (Russia),  
Dr. Sci. Grinshkun V.V. (Russia),  
Dr. Sc. Kabanikhin S.I. (Russia),  
Dr. Sci., Academician of the NAS of RK  
Kalimoldayev M.N.,  
Dr. Sci. Komarov F.F., (Republic of Belarus),  
Dr. Sci. (Engineering) Kulbek M.K.,  
Dr. Sci. Lisicin V.M. (Russia),  
Dr. Sci. (Ped.) Mambetkunov E.M.  
(Kyrgyz Republic),  
Dr. Sci. Mukhambetzhanoov S.T.,  
Dr. Sci. (Ped.) Pak N.I. (Russia),  
Dr. Sc. Sakhiev S.K.,  
Dr. Sci. (Ped.) Sydykov B.D.,  
Dr. Sci. (Engineering), Corresponding member  
of the NAS of RK Tuleshov A.K.,  
Dr. Sci., Corresponding member  
of the NAS of RK Ualiyev Z.G.,  
Cand. Sci. Khamraev Sh.I.

© Abai Kazakh National Pedagogical  
University, 2023

Registered in the Ministry of Information of the  
Republic of Kazakhstan,  
№ 4824 - Ж - 15.03.2004  
(Periodicity: 4 issues per year)  
Published since 2000

Signed to print 27/06/2023  
Format 60x84 1/8. Vol. 36,25 p.  
Printing 300 copies. Order 621.

Publishing and Editorial:  
050010, 13 Dostyk av., Almaty, Kazakhstan  
Publisher "Ulagat" Abai KazNPU

Hashim S.M., Kutucu H., Assanova B.,  
Shazhdekeyeva N., Taishiyeva A.

Detection of parkinson's disease patients based on voice recording  
using convolution neural network ..... 202

ИНФОРМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ.  
БІЛІМ БЕРУДІ АҚПАРАТТАНДЫРУ

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ИНФОРМАТИКИ.  
ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ

METHODS OF TEACHING COMPUTER SCIENCE.  
INFORMATIZATION OF EDUCATION

Батырбаева Ә.М., Сейтова С.М.

Модель развития навыков преподавателей университетов по  
применению электронных образовательных  
технологий..... 212

Жабаев Е.Х., Ревшенова М.И.

Виртуальные среды и симуляторы в обучении робототехнике 220

Қадірбек А., Карелхан Н., Зандыбай А.

ArcGIS-те картамен жұмыс жасауда python тілін қолданудың  
ерекшеліктері ..... 228

Каратаев Н.С., Ибашова А.Б., Мошқалов А.Қ.

Бастауыш сынып оқушыларына SMART-білім беру  
жағдайында робототехниканы оқытудың педагогикалық  
аспектілері ..... 237

Мадярова Г.А., Аубакиров Т.М.

Virtual platform for passing laboratory classes in computer  
science ..... 246

Маратова Т.Ф., Бостанов Б.Г.,

Култан Я., Наурызбаев Д.Б.  
STEM-негізінде болашақ информатиктерді дайындау  
бойынша ғылыми зерттеулерге жүйелік шолу..... 253

Оразбаева А.А., Смагулова Л.А., Омарова С.А.

3ds max - отандық мультипликация саласындағы  
қиындықтарды шешудің бір құралы ретінде ..... 260

Сағымбаева А.Е., Ниетбаева Н.

Информатикадан интербелсенді ортада үйретуші ойындар  
жасауға оқытудың тиімділігі ..... 270

Sarbassova K.K., Pak N.I.

A model for diagnosing the formation of teacher readiness in  
primary school ..... 279

Тоқтарова А.Б., Ажибекова Ж.Ж., Казбекова Г.Н.,

Темірбекова Ф.Е., Алдешов С. Е.  
Қазақ тілді бейәдеп сөздер классификациясы және  
машиналық оқыту әдісін оларды анықтауға бейімдеу ..... 288

Шынтай Г., Ерланова Г.Ж., Шындалиев Н.Т.

влияние образовательной виртуальной среды на навыки  
программирования и вычислительное мышление студентов-  
программистов ..... 297



## МАТЕМАТИКА

## MATHEMATICS

МРНТИ 42В25, 46Е30, 47В38  
УДК 517.52

10.51889/2959-5894.2023.82.2.001

### ON NON-INCREASING REARRANGEMENTS OF THE GENERALIZED FRACTIONAL MAXIMAL FUNCTION

Abek A.N.<sup>1,\*</sup>, Khairkulova A.A.<sup>1</sup>, Turgumbayev M.Zh.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<sup>2</sup>Karaganda University named after Academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan

\*e-mail: azhar.abekova@gmail.com

#### Abstract

The purpose of this article is to consider the symmetric rearrangement and non-increasing rearrangement of generalized fractional maximal functions. Concepts of rearrangement-invariant spaces and concepts of ideal spaces are considered. A generalized Lorentz-Morrey type space, in which the norm is determined by a symmetric rearrangement of functions, is considered. The equivalent norm for the function from the generalized Lorentz-Morrey space obtained. It is proved that in the definition of the norm in the generalized Lorentz-Morrey space, the internal norm from a symmetric rearrangement of a function over a ball centered at the point 0 can be replaced by the norm from a symmetric rearrangement of a function over a ball centered at an arbitrary point  $x \in R^n$ . A generalized fractional-maximal function a special case of which is a classical fractional-maximal function is considered. Estimates obtained for the non-increasing rearrangement of the generalized fractional maximal function. A pointwise estimate of the generalized fractional-maximal function by the generalized Riesz potential is obtained.

**Keywords:** non-increasing rearrangement, symmetric rearrangement of function, ideal spaces, generalized Lorentz-Morrey space, generalized fractional maximal function, generalized Riesz potential.

#### Аңдатпа

А.Н. Әбек<sup>1,\*</sup>, А.А. Хайркулова<sup>1</sup>, М.Ж. Тургумбаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті, Астана қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Академик Е.А. Букетов атындағы Қарағанды Университеті, Қарағанды қ., Қазақстан

### ЖАЛПЫЛАНҒАН БӨЛШЕК-МАКСИМАЛДЫ ФУНКЦИЯНЫҢ ӨСПЕЙТІН АЛМАСТЫРУЛАРЫ ТУРАЛЫ

Бұл мақаланың мақсаты – жалпыланған бөлшек-максималды функциялардың симметриялық алмастыруын және өспейтін ауыстыруын қарастыру. Орын ауыстыру-инварианттық кеңістіктер және идеалды кеңістіктер ұғымдары қарастырылды. Лоренц-Морри типіндегі жалпыланған кеңістік қарастырылды, онда норма функциялардың симметриялы ауыстырылуы арқылы анықталады. Жалпыланған Лоренц-Морри кеңістігінен функцияның эквивалентті нормасы алынды. Жалпыланған Лоренц-Морри кеңістігіндегі норманы анықтауда центрі 0-де орналасқан шарды функцияның симметриялы ауыстырылуының ішкі нормасын функцияның центрі қандай да  $x \in R^n$  нүктесіндегі шарға симметриялы ауыстыру нормасымен алмастыруға болатыны дәлелденді. Жалпыланған бөлшек-максималды функция қарастырылды, оның ерекше жағдайы классикалық бөлшек-максималды функция болып табылады. Жалпыланған бөлшек-максималды функцияның өспейтін ауыстыру үшін бағалаулар алынды. Жалпыланған бөлшек-максималды функцияның жалпыланған Рисс потенциалымен нүктелік бағасы алынды.

**Түйін сөздер:** өспейтін орын ауыстыру, функцияның симметриялық ауыстырылуы, идеалды кеңістіктер, жалпыланған Лоренц-Морри кеңістігі, жалпыланған бөлшек-максималды функция, жалпыланған Рисс потенциалы.

Аннотация

А.Н. Абек<sup>1,\*</sup>, А.А. Хайркулова<sup>1</sup>, М.Ж. Тургумбаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Евразийский Национальный Университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

<sup>2</sup>Карагандинский Университет им. Е.А. Букетова, г. Караганда, Казахстан

## О НЕВОЗРАСТАЮЩИХ ПЕРЕСТАНОВКАХ ОБОБЩЕННОЙ ДРОБНО-МАКСИМАЛЬНОЙ ФУНКЦИИ

Целью статьи является рассмотрение симметрической перестановки и невозрастающей перестановки обобщенных дробно-максимальных функции. Рассматриваются концепции перестановочно-инвариантных пространств и концепция идеальных пространств. Рассматривается обобщенное пространство типа Лоренца-Морри, в котором норма определяется через симметрическую перестановку функций. Получена эквивалентная норма для функции из обобщенного пространства Лоренца-Морри. Доказывается, что в определении нормы в обобщенном пространстве Лоренца-Морри внутреннюю норму от симметрической перестановки функции по шару с центром в точке 0 можно заменить нормой от симметрической перестановки функции по шару с центром в произвольной точке  $x \in R^n$ . Рассмотрена обобщенная дробно-максимальная функция, частным случаем которой является классическая дробно-максимальная функция. Получены оценки для невозрастающей перестановки обобщенной дробно-максимальной функции. Получена поточечная оценка обобщенной дробно-максимальной функции через обобщенный потенциал Рисса.

**Ключевые слова:** невозрастающая перестановка, симметрическая перестановка функции, идеальные пространства, обобщенное пространство Лоренца-Морри, обобщенная дробно-максимальная функция, обобщенный потенциал Рисса.

### 1. Introduction

We consider the concepts introduced in the books of C.Bennett, R.Sharpley [1] and S.G.Crane, Yu.I. Petunin and E.M. Semenov [2]. In recent decades have been actively studied the theory of Morrey-type spaces and various integral operators in them. Detailed information can be found in the review articles by V.I. Burenkov [3-4]. In work V.I. Goldman and E.Bakhtygareeva [5] the generalized Lorentz-Morrey type spaces are considered. In this article, we show that in the definition of the norm in the generalized Lorentz-Morrey space given in [5], the internal norm of a symmetric rearrangement of a function over a ball centered at 0 can be replaced by the norm of a symmetric rearrangement of a function over a ball centered at an arbitrary point  $x \in R^n$ . Considered the generalized fractional-maximal function introduced in works [6], [7]. Other versions of the generalized fractional-maximal function are considered in the works of Hakim D.I., Nakai E., Sawano Y. [8] and Gogatishvili A., Pick L., Opic B. [9].

In this paper, we show that the generalized fractional-maximal function can be estimated from above in terms of the generalized Riesz potential. The generalized Riesz potential considered in [10], [11] and [12]. We have obtained estimates for a non-increasing rearrangement of a generalized fractional-maximal function. Similar estimates for the classical fractional-maximal function were previously obtained by Cianchi A., Kerman R., Opic B., Pick L. [13].

### 2. Preliminary information

We give a brief summary of Banach-functional spaces (briefly: BFS), rearrangement-invariant spaces (briefly: RIS).

Let  $S, \Sigma, \mu$  be space with a measure. Here is  $\Sigma$  is  $\sigma$ -algebra of subsets of the set  $S$ , on which is determined a non-negative  $\sigma$ -finite,  $\sigma$ -additive measure  $\mu$ . By  $L_0 = L_0(S, \Sigma, \mu)$  denotes the set of  $\mu$ -measurable real-valued functions  $f: S \rightarrow R$ , and by  $L_0^+$  a subset of the set  $L_0$  consisting of non-negative functions:

$$L_0^+ = \{f \in L_0: f \geq 0\}.$$

In this work, we will use the concepts of a Banach-functional space (briefly: BFS), introduced by C.Bennett, R.Sharpley [1], as well as the concepts of an ideal space (briefly: IS) considered in the book by S.G.Crane, Yu.I.Petunin and E.M.Semenov [2].

**Definition 1.1** [1]. A mapping  $\rho: L_0^+ \rightarrow [0, \infty]$  is called a *functional norm* (short: FN), if the next conditions are met for all  $f, g, f_n \in L_0^+, n \in N$ :

- (P1)  $\rho(f) = 0 \Rightarrow f = 0, \mu$ -almost everywhere ( $\mu$ -a.e.);  
 $\rho(\alpha f) = \alpha \rho(f), \alpha \geq 0; \rho(f + g) \leq \rho(f) + \rho(g)$  (properties of the norm);
- (P2)  $f \leq g$  ( $\mu$ -a.e.)  $\Rightarrow \rho(f) \leq \rho(g)$  (monotony of the norm);
- (P3)  $f_n \uparrow f \Rightarrow \rho(f_n) \rightarrow \rho(f)$  ( $n \rightarrow \infty$ ) (the Fatou property);

(P4)  $0 < \mu(\sigma) < \infty \Rightarrow \int_{\sigma} f d\mu \leq C_{\sigma} \rho(f)$  (Local integrability);

(P5)  $0 < \mu(\sigma) < \infty \Rightarrow \rho(\chi_{\sigma}) < \infty$  (finiteness of the FN for characteristic functions  $\chi_{\sigma}$  of sets of finite measure).

Here  $f_n \uparrow f$  means that  $f_n \leq f_{n+1}$ ,  $\lim_{n \rightarrow \infty} f_n = f$  ( $\mu$ -a.e.).

**Definition 1.2 [2].** Let  $\rho$  there be a functional norm. The set of functions  $X = X(\rho)$  from  $L_0$ , for which  $\rho(|f|) < \infty$  is called a *Banach function space* (briefly: *BFS*), generated by the FN  $\rho$ . For  $f \in X$  we assume

$$\|f\|_X = \rho(|f|).$$

**Definition 1.3 [2].** The space  $X \in L_0(\mathbb{R}^n)$  is called an *ideal space* if it satisfies the following conditions:

(B1)  $\|f\| = 0 \Leftrightarrow f = 0$ ,  $\mu$ -a.e.,  $\|\alpha f\| = \alpha \|f\|$ ,  $\alpha \geq 0$ ;

$$\exists C \in [1, \infty): \|f + g\| \leq C(\|f\| + \|g\|); \tag{1.1}$$

(B2)  $0 \leq f \leq g$  ( $\mu$ -a.e.)  $\Rightarrow \|f\| \leq \|g\|$ ;

(B3)  $0 \leq f_m$  ( $\mu$ -a.e.)  $\Rightarrow \|f_m\| \uparrow \|f\|$ ;

(B4)  $\|f\| < \infty \Rightarrow |f| < \infty$  ( $\mu$ -a.e.). (1.1')

The space  $X$  is a normed space if  $C = 1$  in triangle inequality (1.1), or a quasi-normed space if  $C < 1$ .

Recall that BFS satisfies properties (B1)-(B3) with  $C = 1$  in (1.1'), property (B4) is replaced by more strict assumption:

(B4')  $\Omega \in \mathbb{R}^n$ ,  $|\Omega| \equiv \mu_n(\Omega) < \infty \Rightarrow \int_{\Omega} |f| d\mu_n \leq C_{\Omega} \|f\|$ ;

and the additional property holds:

(B5)  $\Omega \in \mathbb{R}^n$ ,  $|\Omega| \equiv \mu_n(\Omega) < \infty \Rightarrow \|\chi_{\Omega}\| < \infty$ .

Therefore, the concept of an ideal space is broader than the concept of Banach function space.

Let  $L_0 = L_0(\mathbb{R}^n)$  be the set of all Lebesgue measurable functions  $f: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{C}$  and  $\mu_n$  be the Lebesgue measure on  $\mathbb{R}^n$ . By  $L_0^+$  we denote the subset of the set  $L_0$  consisting of all non-negative functions:

$$L_0^+ = \{f \in L_0: f \geq 0\}.$$

By  $L_0^+(0, \infty; \downarrow)$  we denote the set of all non-increasing functions belonging to  $L_0^+$ . The non-increasing rearrangement  $f^*$  defined by the equality:

$$f^*(t) = \inf \{y \in [0, \infty): \lambda_f(y) \leq t, t \in \mathbb{R}_+ = (0, \infty)\}$$

where

$$\lambda_f(y) = \mu_n \{x \in \mathbb{R}^n : |f(x)| > y, y \in [0, \infty)\}$$

is the Lebesgue distribution function.

It is known that  $0 \leq f^* \downarrow$ ;  $f^*(t+0) = f^*(t)$ ,  $t \in \mathbb{R}_+$ ;  $f^*$  is equally measurable with  $|f|$ , i.e.

$$\mu_n \{t \in \mathbb{R}_+ : f^*(t) > y\} = \mu_n \{x \in \mathbb{R}^n : |f(x)| > y\}.$$

Let  $f^{\#}: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$  denote the symmetric rearrangement of  $f$ , i.e. a radially symmetric non-negative non-increasing right-continuous function (as a function of  $r = |x|$ ,  $x \in \mathbb{R}^n$ ) which is equimeasurable with  $f$ . That is

$$f^{\#}(r) = f^*(v_n r^n); f^*(t) = f^{\#} \left( \left( \frac{t}{v_n} \right)^{\frac{1}{n}} \right), r, t \in \mathbb{R}_+,$$

here  $v_n$  is the volume of the  $n$ -dimensional unit ball.

The function  $f^{**}: (0, \infty) \rightarrow [0, \infty]$  is defined as

$$f^{**}(t) = \frac{1}{t} \int_0^t f^*(\tau) d\tau, \quad t \in \mathbb{R}_+.$$

Note that  $f^{**}$  is an a non-decreasing function on  $\mathbb{R}_+$ . Really, let  $t_2 < t_1$ , then



$$f^{**}(t_2) = \frac{1}{t_2} \int_0^{t_2} f^*(\tau) d\tau = \frac{1}{t_2} \int_0^{t_1} f^*(\tau) d\tau + \frac{1}{t_2} \int_{t_1}^{t_2} f^*(\tau) d\tau \leq \frac{1}{t_2} \int_0^{t_1} f^*(\tau) d\tau + f^*(t_1) \frac{t_2 - t_1}{t_2}.$$

Hence, we have

$$f^{**}(t_2) \leq \frac{1}{t_2} \int_0^{t_1} f^*(\tau) d\tau + \frac{t_2 - t_1}{t_2 t_1} \int_0^{t_1} f^*(\tau) d\tau \leq \left( \frac{1}{t_2} + \frac{t_2 - t_1}{t_2 t_1} \right) \int_{t_1}^{t_1} f^*(\tau) d\tau = \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} f^*(\tau) d\tau = f^{**}(t_1).$$

In addition, for  $f \in \dot{L}_0$  we have:  $\lambda_f(y) \rightarrow 0 \ (y \rightarrow +\infty) \Leftrightarrow |f(x)| < \infty, \ \mu$  -a.e. on  $S$ .

**Definition 1.4 [10].** Let  $\rho$  there be a functional norm. We say that  $\rho$  is *consistent* with the order relation  $\prec$  if for  $f, g \in L_0^+, f \prec g$  we have  $\rho(f) \leq \rho(g)$ .

Note that by the property (P2), any FN is consistent with a pointwise estimate:

$$f \leq g \ (\mu - a. e.) \Rightarrow \rho(f) \leq \rho(g),$$

**Definition 1.5 [10].** A FN  $\rho$  is *rearrangement-invariant* if

$$f^* \leq g^* \Rightarrow \rho(f) \leq \rho(g).$$

Banach function space (BFS)  $X = X(\rho)$  generated by a rearrangement invariant functional norm  $\rho$  will be called a *rearrangement invariant space* (in short: RIS).

**Definition 1.6 [5].** An ideal space  $E = E(\mathbb{R}^n) \subset L_0(\mathbb{R}^n)$  is called a *generalized rearrangement invariant space* (briefly: GRIS) if the following additional propositions hold:

1. The (Quasi)norm  $\|\cdot\|_{E(\mathbb{R}^n)}$  depends only on the symmetric rearrangement of functions: namely

$$\|f\|_{E(\mathbb{R}^n)} = \|f^\#\|_{E(\mathbb{R}^n)},$$

2.  $E$  has additional properties:

(P6)  $\Omega \in \mathbb{R}^n, |\Omega| \equiv \mu_n(\Omega) < \infty \Rightarrow \varphi_E(|\Omega|) = \|\chi_\Omega\|_E < \infty$ ;

(P7)  $\|\sigma_m\|_{E \rightarrow E} < \infty, m \in (1, \infty); \sigma_m(f)(y) = f(m^{-1}y), y \in \mathbb{R}^n$ .

Here  $\varphi_E$  is called the fundamental function for the GRIS  $E = E(\mathbb{R}^n)$ ,  $\sigma_m$  - the extension operator.

We consider a subspace in  $L_0 \equiv L_0(\mathbb{R}^n)$  and in  $\dot{L}_0 \equiv \dot{L}_0(\mathbb{R}^n)$ ,  $M_{EF}$  is a generalized version of a Lorentz-type space, respectively:

$$M_{EF} = \left\{ f \in L_0(\mathbb{R}^n) : \|f\|_{M_{EF}} = \left\| \|f^\#\|_{E(B_t)} \right\|_F < \infty \right\}.$$

**Lemma 1.1.** Let  $F = F(\mathbb{R}_+)$  be an ideal space, and  $E = E(\mathbb{R}^n)$  be a generalized rearrangement invariant space. Then the following relation takes place:

$$\left\| \|f^\#\|_{E(B_t)} \right\|_F \approx \sup_{x \in \mathbb{R}^n} \left\| \|f^\#\|_{E(B(x,t))} \right\|_F.$$

**Proof.** It is clear that

$$\left\| \|f^\#\|_{E(B_t)} \right\|_F \leq \sup_{x \in \mathbb{R}^n} \left\| \|f^\#\|_{E(B(x,t))} \right\|_F.$$

We prove the inverse inequality.

$$\left\| \|f^\#\|_{E(B_t)} \right\|_F \geq \sup_{x \in \mathbb{R}^n} \left\| \|f^\#\|_{E(B(x,t))} \right\|_F.$$

$$\|f^\#(g)\chi_{B(x,t)}(y)\|_E \leq \sup_{x \in R^n} \|f^\#(g)\chi_{B(0,t)}(y)\|_E, \quad \forall x \in R^n.$$

$$\begin{aligned} \|f^\#(y)\chi_{B(x,t)}(y)\|_E &= \|f^\#(y)[\chi_{B(0,t) \cap B(x,t)}(y) + \chi_{B(0,t) \setminus B(x,t)}(y)]\|_E \leq \|f^\#(y)\chi_{B(0,t) \cap B(x,t)}(y)\|_E + \\ &+ \|f^\#(y)\chi_{B(0,t) \setminus B(x,t)}(y)\|_E \leq \|f^\#(y)\chi_{B(0,t)}(y)\|_E + f^\#(v_n t^n) \|\chi_{B(x,t)}(y)\|_E \leq \|f^\#(\cdot)\chi_{B(0,t)}(\cdot)\|_E + \\ &+ f^\#(v_n t^n) \|\chi_{B(x,t)}(y)\|_E. \end{aligned}$$

Considering the assessment

$$f^\#(v_n t^n) \leq f^\#(y), \quad y \in B(0,t).$$

We have

$$f^\#(v_n t^n) \|\chi_{B(0,t)}(y)\|_E = \|f^\#(v_n t^n)\chi_{B(0,t)}(y)\|_E \leq \|f^\#(y)\chi_{B(0,t)}(y)\|_E.$$

Therefore,

$$\|f^\#(y)\chi_{B(x,t)}(y)\|_E \leq 2\|f^\#(y)\chi_{B(0,t)}(y)\|_E, \quad \forall x \in R^n.$$

$$\sup_{x \in R^n} \|\|f^\#(y)\chi_{B(x,t)}(y)\|_E\|_F \leq 2\|\|f^\#(y)\chi_{B(0,t)}(y)\|_E\|_F.$$

Lemma 1.1 is proved.

## 2. The generalized fractional-maximal function and estimate of its non-increasing rearrangement

**Definition 2.1 [4].** Let  $R \in (0, \infty]$ ,  $R_+ = (0, \infty)$ . A function  $\Phi : (0, R) \rightarrow R_+$  belongs to the class  $B_n(R)$

if the following conditions hold:

- (1)  $\Phi$  is non-increasing and continuous on  $(0, R)$ ;
- (2) There exists a constant  $C \in R_+$  such that

$$\int_0^r \Phi(\rho)\rho^{n-1}d\rho \leq C\Phi(r)r^n, \quad r \in (0, R) \tag{2.1}$$

For example,

$$\Phi(\rho) = \rho^{\alpha-n} \in B_n(\infty) \quad (0 < \alpha < n); \quad \Phi(\rho) = \ln \frac{eR}{\rho} \in B_n(R), \quad R \in R_+.$$

For  $\Phi \in B_n(R)$  the following estimate also holds:

$$\int_0^r \Phi(\rho)\rho^{n-1}d\rho \geq n^{-1}\Phi(r)r^n, \quad r \in (0, R)$$

It is known that the following properties are performed for the  $\Phi \in B_n(R)$  [4]:

$$\begin{aligned} r^{-n} \int_0^r \Phi(\rho)\rho^{n-1}d\rho &\cong \Phi(r), \quad r \in (0, R) \\ \Phi \in B_n(R) &\Rightarrow \{0 \leq \Phi \downarrow : \Phi(r)r^n, \quad r \in (0, R)\}. \end{aligned}$$

For each  $\alpha \in [1, \infty)$  there exists is a  $\beta = \beta(\alpha, c, n) \in [1, \infty)$  ( $c$  is a constant from (2.1)) such that

$$\begin{aligned} \left\{ \rho, r \in (0, R) : \alpha^{-1} < \frac{\rho}{r} \leq \alpha \right\} &\Rightarrow \beta^{-1} < \frac{\Phi(\rho)}{\Phi(r)} \leq \beta \\ (2.1) &\Leftrightarrow \exists \gamma \in (0, n) \text{ such that } \Phi(r)r^\gamma \text{ ess } \uparrow \text{ on } (0, R) \end{aligned}$$

Now, we formulate the conditions on  $G$ .

**Definition 2.2 [5].** Let  $\Phi \in B_n(\infty)$ . Say that  $\psi \in S_\infty(\Phi)$  if

$$\psi^\#(\rho) \cong \Phi(\rho)\rho^n, \quad \rho = |x|, \quad x \in R_+,$$

say that  $\psi \in S_\infty^0(\Phi)$  if

$$\psi(\rho) \cong \Phi(\rho)\rho^n, \rho = |x|, x \in R_+.$$

It is clear that  $S_\infty^0(\Phi) \subset S_\infty(\Phi)$ .

Let  $\Phi \in B_n(\infty)$ . The *generalized fractional-maximal function*  $M_\Phi f$  is defined for the function  $f \in L_1^{loc}(R^n)$  by the equality

$$M_\Phi f = \sup_{r>0} \Phi(r) \int_{B(x,r)} f(y)dy,$$

where  $B(x, r)$  is a ball with the center at the point  $x$  and radius  $r$ . That is, consider the operator  $M_\Phi \in L_1^{loc}(R^n) \rightarrow \dot{L}_0(R^n)$ .

In the case  $\Phi(r) = r^{\alpha-n}$ ,  $\alpha \in (0, n)$  we obtain the classical fractional-maximal function  $M_\alpha f$ :

$$M_\alpha f = \sup_{t>0} \frac{1}{t^{n-\alpha}} \int_{B(x,t)} |f(y)|dy.$$

We denote by  $M_E^\Phi = M_E^\Phi(R^n)$  the set of the functions  $u$ , for which there is a function  $f \in E(R^n)$  such that

$$u(x) = (M_\Phi f)(x),$$

$$\|u\|_{M_E^\Phi} = \inf\{\|f\|_E : f \in E(R^n), M_\Phi f = u\}.$$

Note that in the works [5], [10]-[12] the generalized Riesz potential was considered using the convolution operator:

$$A: E_1(R^n) \rightarrow \dot{L}_0(R^n),$$

$$Af(x) = (G * f)(x) = 2\pi^{-n/2} \int_{R^n} G(x-y)f(y)dy,$$

where the kernel  $G(x)$  satisfies the conditions:

$$G(x) \cong \Phi(|x|), \quad x \in R^n, \tag{2.2}$$

$$\Phi \in B_n(\infty); \quad \exists c \in R_+.$$

The kernel of the classical Riesz potential has the form

$$G(x) = |x|^{\alpha-n}, \quad \alpha \in (0, n). \tag{2.2}$$

In the following lemma, we prove that the generalized fractional-maximal function  $M_\Phi f(x)$  is evaluated from above by the generalized Riesz potential.

**Lemma 2.1.** Let  $\Phi \in B_n(\infty)$  and the kernel  $G$  defined by (2.2). Then the following inequality holds:

$$M_\Phi f(x) \leq C(G * |f|)(x), \quad x \in R^n.$$

*Proof of Lemma 2.1.*

$$\begin{aligned} (G * f)(x) &= 2\pi^{-n/2} \int_{R^n} G(x-y)|f(y)|dy = \sup_{r>0} \int_{B(x,r)} G(x-y)|f(y)|dy \geq \\ &\geq \sup_{r>0} \operatorname{ess\,inf}_{y \in B(x,r)} G(x-y) \int_{B(x,r)} |f(y)|dy = \sup_{r>0} \operatorname{ess\,inf}_{z \in B(0,r)} G(z) \int_{B(x,r)} |f(y)|dy \\ &= \sup_{r>0} \operatorname{ess\,inf}_{t \in B(0,r)} \Phi(t) \int_B |f(y)|dy = \sup_{r>0} \Phi(r) \int_{B(x,r)} |f(y)|dy = M_\Phi f(x). \end{aligned}$$

Lemma 2.1 is proved.

A function  $f: R_+ \rightarrow R_+$  is called *quasi-decreasing* (*quasi-increasing*) if there exists a positive constant number  $C > 1$  such that

$$\begin{aligned} f(t_2) &< Cf(t_1) \text{ if } t_1 < t_2 \\ (f(t_1) < Cf(t_2) \text{ if } t_1 > t_2). \end{aligned}$$

**Theorem 2.1.** Let  $\Phi$  be a positive, measurable, non-increasing function on  $(0, \infty)$ . Then the following inequality take place:

$$\sup_{t>0} \frac{1}{\Phi(t^{1/n})} (M_\Phi f)^*(t) \leq C \int_{R^n} |f(y)| dy. \quad (2.3)$$

**Proof of Theorem 2.1.** Let  $\lambda > 0$ . Consider the set

$$E_\lambda = \{x \in R^n: (M_\Phi f)(x) > \lambda\}.$$

Then for each point  $x \in E_\lambda$  we can find a ball  $B(x) = B(x, t(x)) \subset B$ , such that

$$\Phi(t(x)) \int_{B_x} |f(y)| dy > \lambda.$$

The family of balls  $\{B_x\}_{x \in E}$  covers bounded sets  $E_\lambda$ . Then, by Vitali's lemma ([1]) about coverings, there is a sequence of pairwise non-intersecting balls  $\{B_i\}_{i=1}^\infty$  and  $\exists B_i = B(x_i, t_i): B_i \cap B_j = \emptyset, E_\lambda \subset \cup_{i=1}^\infty 5 B_i$  for which the inequality holds:

$$\Phi(|B_i|) \int_{B(x_i, t_i)} |f(y)| dy > \lambda.$$

Note that from the properties of the function  $\Phi(t)$  follows that it is concave on  $(0, \infty)$ .

Therefore, for the function  $\varphi(t)$ :

$$\varphi(t) = \frac{1}{\Phi(t^{1/n})} \uparrow$$

holds the next inequality

$$\varphi\left(\sum_{i=1}^\infty t_i\right) \leq C \left(\sum_{i=1}^\infty \varphi(t_i)\right).$$

Hence

$$\begin{aligned} \lambda\varphi(|E_\lambda|) &\leq \lambda\varphi\left(\sum_{i=1}^\infty |5B_i|\right) \leq \sum_{i=1}^\infty \lambda\varphi(5^n |B_i|) \leq C \cdot 5^n \sum_{i=1}^\infty \lambda\varphi(|B_i|) \\ &\leq C \cdot 5^n \sum_{i=1}^\infty \left(\Phi(|B_i|) \int_{B_i} |f(y)| dy\right) \varphi(|B_i|) \leq C \cdot 5^n \sum_{i=1}^\infty \int_{B_i} |f(y)| dy \leq C \cdot 5^n \int_{R^n} |f(y)| dy. \end{aligned}$$

Therefore, we got that for any  $\lambda > 0$  there is an estimate:

$$\lambda\varphi(|E_\lambda|) \leq C \cdot 5^n \int_{R^n} |f(y)| dy.$$

Therefore

$$\sup_{\lambda>0} \lambda\varphi(|E_\lambda|) \leq C \cdot 5^n \int_{R^n} |f(y)| dy.$$

And this is equivalent to

$$\sup_{t>0} \varphi(t) (M_\Phi f)^*(t) \leq C \cdot 5^n \int_{R^n} |f(y)| dy.$$

Hence, inequality (2.3) take place. **Theorem 2.1. is proved.**

**Theorem 2.2.** Let  $\Phi \in B_n(\infty)$ . Then the following estimate holds:

$$(M_{\Phi}f)^*(t) \leq C \left( \Phi(t^{1/n}) \int_0^t f^*(u)du + \sup_{t \leq s < \infty} s\Phi(s^{1/n}) f^*(s) \right), \quad t \in (0, \infty),$$

for every  $f \in L_1^{loc}(R^n)$ .

The proof of Theorem 2.2 is carried out using the above Theorem 2.1 and Theorem 2.1 from [6].

### Conclusion

In this paper, we consider the generalized fractional maximal function and its non-increasing rearrangement and symmetric rearrangement. An estimate for a non-increasing rearrangement of generalized fractional maximal function is obtained in terms of a non-increasing rearrangement of that function. It is proved that generalized fractional maximal function is estimated from above in terms of the generalized Riesz potential. In addition, the norm of a function in spaces of the Lorentz-Morrey type is considered.

**Acknowledgement.** The research of A.N. Abek, M.ZH. Turgumbayev, was supported by the grant Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (project no. AP14869887).

### References:

- 1 Bennett C., Sharpley R. *Interpolation of Operators // Pure and Applied Mathematics 129 (1988), Academic Press, Boston, MA, p.469.*
- 2 Krein S. G., Petunin Yu.I., Semenov E.M. *Interpolation of Linear Operators // Nauka, Moscow (1978), p.400 [in Russian].*
- 3 Burenkov V.I., *Recent progress in studying the boundedness of classical operators of real analysis in general Morrey-type spaces // Eurasian Math. J., Vol. 3 (2012), Number 3, pp. 11-32.*
- 4 Burenkov V.I., *Recent progress in studying the boundedness of classical operators of real analysis in general Morrey-type spaces // Eurasian Math. J., Vol. 4 (2013), Number 1, pp. 21-45.*
- 5 Goldman M.L., Bakhtigareeva E.G. *Some classes of operators in general Morrey-type spaces // Eurasian Math. J., Vol. 11 (2020), Number 4, pp.35-44.*
- 6 Bokayev N.A., Gogatishvili A., Abek A.N. *On estimates of non-increasing rearrangement of generalized fractional maximal function // Eurasian Math. J., Vol. 14 (3023), Number 2, pp. 13-23.*
- 7 Bokayev N.A., Gogatishvili A., Abek A.N. *Cones generated by a generalized fractional maximal function // Bulletin of the Karaganda university Mathematics series, Vol. 110 (2023), Number 2, pp. 53-62.*
- 8 Hakim D.I., Nakai E., Sawano Y. *Generalized fractional maximal operators and vector-valued inequalities on generalized Orlicz-Morrey spaces // Rev Mat. Complut., Vol. 29 (2016), pp.59-90.*
- 9 Gogatishvili A., Pick L., Opic B. *Weighted inequalities for Hardy-type operators involving suprema // Collect. Math. 57 (2006), Number 3, pp.227-255*
- 10 Goldman M.L. *Rearrangement invariant shells of generalized Bessel and Riesz potentials // Reports of RAS V. 423 (2008), Number 1, pp.151-155.*
- 11 Bokayev N. A., Goldman M. L., Karshygina G. Zh. *Cones of functions with monotonicity conditions for generalized Bessel and Riesz potentials // Math.Notes, Vol. 104 (2018), Number 3, pp. 356-373.*
- 12 Bokayev N. A., Goldman M. L., Karshygina G. Zh. *Criteria for embeddings of generalized Bessel and Riesz potential spaces in rearrangement invariant spaces // Eurasian Math. J., Vol. 10 (2019), Number 2, pp. 8-29.*
- 13 Cianchi, A., Kerman, R., Opic, B., Pick, L., (2000), *A sharp rearrangement inequality for the fractional maximal operator // Studia Mathematica, V138 (2000), Number 3, pp.277-284.*

МРНТИ 27.31.17: 27.31.44  
УДК 517.956

10.51889/2959-5894.2023.82.2.002

С.Е. Айтжанов<sup>1,2\*</sup>, А.Е. Марат<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Математика және математикалық модельдеу институты, Алматы қ., Қазақстан

<sup>3</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

\*e-mail: [aitzhanov.serik81@gmail.com](mailto:aitzhanov.serik81@gmail.com)

## ӨЗГЕШЕЛЕНЕТІН ҮШІНШІ РЕТТІ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУДІҢ ШЕШІМДІЛІГІ

*Аңдатпа*

Айнымалы типтегі теңдеулер үшін шеттік есептер классикалық зерттеу объектілерінің бірі болып табылады. Жұмыста айнымалы типтегі теңдеулер үшін шеттік есептердің шешімділігі зерттелген. Айнымалы типті теңдеулердің практикалық маңыздылығы ерекше. Сонымен қатар, олардың зерттеуі математиканың әртүрлі салаларының атап айтар болсақ, дербес туындылы дифференциалдық теңдеулер теориясында, функционалдық талдау теориясының дамуымен байланысты. Берілген жұмыстың мақсаты айнымалы типті теңдеу үшін шеттік есептің шешімділігін зерттеу болып табылады. Айнымалы типті теңдеудің шешімділігін регуляризация әдісі, Гельдер, Юнг теңсіздіктері және априорлық бағалау әдістерін пайдалану арқылы дәлелденген. Сонымен бірге, бұл жұмыста квазисызықты мүшесі теңдеудің сол жағында болған жағдай үшін де шеттік есептің регулярлы шешімі бар және жалғыздығы дәлелденген. Айнымалы типтегі теңдеулерге арналған шеткі есептер ғылымның көптеген салаларында қолданылады, физиканың кванттық электроника, плазма физикасы, ядролық физика салаларында, сондай-ақ айнымалы типті теңдеуге мысал болатын Келдыш теңдеуі ұшақ құрастыру есептеулерімен тығыз байланысты болса, Трикоми есебі газодинамика саласына өз септігін тигізді. Сонымен қатар, механика, геофизика, химия, молекулалық биология, ғылым салаларында қолданысы бар.

**Түйін сөздер:** өзгешеленетін теңдеу, шеттік есеп, регуляризация әдісі, Гельдер, Юнг теңсіздіктері, априорлық бағалау.

*Аннотация*

С.Е. Айтжанов<sup>1,2</sup>, А.Е. Марат<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Институт математики и математического моделирования, г. Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

## РАЗРЕШИМОСТЬ ВЫРОЖДАЮЩЕГОСЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА

Краевые задачи для уравнений переменного типа являются одним из классических объектов исследования. В работе исследована разрешимость краевых задач для уравнений переменного типа. Уравнения переменного типа имеют особое практическое значение. Кроме того, их исследования связаны с развитием различных разделов математики, в частности, теории дифференциальных уравнений в частных производных, теории функционального анализа. Цель работы заключается в исследовании разрешимости краевой задачи для уравнения переменного типа. Разрешимость уравнения переменного типа доказана с помощью метода регуляризации, неравенств Гельдера, Юнга и методов априорного оценивания. В то же время в работе доказана регулярное решения и единственность краевой задачи даже для случая, когда квазилинейное слагаемое находится в левой части уравнения. Краевые задачи для уравнений переменного типа используются во многих областях науки, в области физики, квантовой электроники, физики плазмы, ядерной физики, а также уравнение Келдыша, являющееся примером уравнения переменного типа, тесно Проблема Трикоми, связанная с расчетами конструкции самолетов, внесла свой вклад в область газовой динамики. Кроме того, он используется в области механики, геофизики, химии, молекулярной биологии и естественных наук.

**Ключевые слова:** вырождающее уравнение, краевые задачи, метод регуляризации, неравенства Гельдера и Юнга, априорная оценка.

Abstract

**SOLVABILITY OF A DEGENERATING THIRD ORDER DIFFERENTIAL EQUATION**

Aitzhanov S.E.<sup>1,2</sup>, Marat A.E.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Institute of Mathematics and Mathematical Modeling, Almaty, Kazakhstan

<sup>3</sup>Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

Boundary value problems for equations of variable type are one of the classical objects of research. The work investigates the solvability of boundary value problems for equations of variable type. Equations of variable type have special practical significance. In addition, their research is related to the development of various branches of mathematics, in particular, the theory of partial differential equations and the theory of functional analysis. The purpose of this work consists in studying the solvability of a boundary value problem for an equation of variable type. The solvability of an equation of variable type is proven using the regularization method, Hölder and Young inequalities and a priori estimation methods. At the same time, this work proves the regularity of the solution and the uniqueness of the boundary value problem even for the case when the quasilinear term is on the left side of the equation. Boundary value problems for equations of variable type are used in many fields of science, in the field of physics, quantum electronics, plasma physics, nuclear physics, and the Keldysh equation, which is an example of an equation of variable type, closely Tricomi problem associated with aircraft design calculations has contributed to field of gas dynamics. In addition, it is used in the fields of mechanics, geophysics, chemistry, molecular biology and natural sciences.

**Keywords:** degenerating equation, boundary value problems, regularization method, Hölder and Young inequalities, a priori estimation.

**Кіріспе**

Айнымалы типті екінші ретті және жоғары ретті өзгешеленген теңдеулер үшін шекаралық есептер теориясы көптеген авторлардың жұмыстарының өзекті тақырыбы болып табылады [1-7]. Екінші ретті өзгешеленген теңдеулер үшін кейбір нүктелерде шешімдерінің тұрпаты [1-3] жұмыстарында көрсетілген. Соның ішінде, А.И.Кожановтың [1] еңбегінде

$$u_{tt} + \alpha(t) \frac{\partial}{\partial t}(\Delta u) + Bu = f(x, t),$$

теңдеуі үшін эллиптиккалық типті шеттік есептердің регулярлы шешімі бар жаңа класстары зерттелген. Мұнда  $\alpha(t)$  функциясы нөлге ұмтылып, таңбасын ерікті түрде өзгерте алуы, қарастырылып отырған теңдеулердің ерекшелігі болып табылады. А.И.Кожановтың [2] жұмысында

$$\varphi(t)u_t - \psi(t)\Delta u + c(x, t)u = f(x, t) \quad (x \in \Omega \subset R^n, 0 < t < T)$$

теңдеуге кіретін Соболев бойынша барлық жалпылама туындыларынан тұратын регулярлы шешімдер класында өзгешеленген дифференциалдық теңдеуі үшін шеттік есептің шешімділігі қарастырылған. В.Н. Врагов[3] өзінің еңбегінде қарастырған теңдеулерінің коэффициенттері бойынша белгілі бір шарттарда Соболев типті кеңістікте біртекті N есебінің жалпыланған шешімі бар екендігін дәлелдеген. Сондай ақ, жалпыланған шешім регулярлы екенін көрсеткен. Айнымалы типті, екінші текті, екінші ретті теңдеулер үшін  $W_2^l(Q)$ , ( $2 \leq l$  – бүтін,  $K(0) \leq 0 \leq K(T)$ ) Соболев кеңістігінде локальді емес шеттік есептің жалпыланған шешімінің тегістігі мен біртекті шешімділігін С.З.Джамаловтың[4-6] жұмысынан көруге болады. Айнымалы типтегі теңдеулерге арналған шеттік есептер газодинамикада, кванттық физикада, геофизика және химияда қолданылады.

**Есептің қойылымы. I Шеттік есеп.**

$Q_T = \{(x, t) : x \in \Omega, 0 < t < T\}$  цилиндрі,  $\Omega \subset R^n$ ,  $n \geq 1$  шектелген облыс, ал  $\Gamma = \partial\Omega$  жеткілікті тегіс шекарасы,  $S = \Gamma \times (0, T)$  цилиндрдің бүйір шекарасы болсын. Келесі  $K(x, t)$ ,  $\alpha(t)$ ,  $\beta(t)$ ,  $a(x, t)$ ,  $c(x, t)$  және  $f(x, t)$  функциялары  $x \in \bar{\Omega}$ ,  $t \in [0, T]$ -де анықталған және берілген функциялар, ал  $L$  операторын

$$Lv \equiv K(x, t)v_{xx} + \alpha(t)\Delta v_t + \beta(t)\Delta v + a(x, t)v_t + c(x, t)v,$$

теңдігімен анықталатын дифференциалдық оператор болсын (мұндағы  $\Delta - x_1, \dots, x_n$  айнымалылары бойынша Лаплас операторы).

$Q_T = \{(x, t) : x \in \Omega, 0 < t < T\}$  цилиндрінде екінші ретті өзгешеленетін псевдоэллипстік теңдеуін

$$Lv \equiv K(x, t)v_{tt} + \alpha(t)\Delta v_t + \beta(t)\Delta v + a(x, t)v_t + c(x, t)v = f(x, t), \quad (1)$$

және шеттік шарттарын

$$v|_S = 0, \quad (2)$$

$$v(x, 0) = 0, v(x, T) = 0, x \in \Omega, \quad (3)$$

қанағаттандыратын  $v(x, t)$  функциясын анықтау қажет. Мұндағы  $\Omega \subset R^n, n \geq 1$  шектелген облыс, ал  $\Gamma = \partial\Omega$  жеткілікті тегіс шекарасы,  $S = \Gamma \times (0, T)$  цилиндрдің бүйір шекарасы болсын.  $K(x, t), \alpha(t), \beta(t), a(x, t), c(x, t)$  және  $f(x, t)$  функциялары берілген функциялар.

Алдымен,  $V(Q_T)$  арқылы келесі жиынды белгілейік:

$$V(Q_T) = \left\{ w(x, t) : w(x, t) \in L_2 \left( 0, T; W_2^2(\Omega) \cap W_2^1(\Omega) \right), \right. \\ \left. w_t(x, t) \in L_2 \left( 0, T; W_2^2(\Omega) \cap W_2^1(\Omega) \right), w_{tt}(x, t) \in L_2(Q_T) \right\}.$$

Бұл кеңістік Банах кеңістігі, оның нормасы келесі түрде жазылады:

$$\|w(x, t)\|_{V(Q_T)}^2 = \int_{Q_T} (\Delta w)^2 dxdt + \int_{Q_T} (\Delta w_t)^2 dxdt + \int_{Q_T} |\nabla w_t|^2 dxdt + \int_{Q_T} |w_{tt}|^2 dxdt.$$

**1-Теорема.** Есептің берілгендері төмендегі шарттар орындалсын:

$$K(x, t) \in C^1(Q_T), \forall (x, t) \in Q_T, K(x, t) \geq k_0 > 0,$$

$$\alpha(t) \in C^1[0, t], \beta(t) \in C^1[0, t],$$

$$\forall t \in [0, T]: \beta(t) - \frac{\alpha'(t)}{2} \geq \beta_0 > 0,$$

$$\forall t \in [0, T]: \beta(t) + \alpha'(t) \geq \beta_1 > 0.$$

$$\alpha(T) \leq 0, \alpha(0) \geq 0.$$

$$f(x, t), f_t(x, t) \in L_2(Q_T), f(x, 0) = 0, f(x, T) = 0.$$

Онда (1)-(3) есебінің  $v \in V(Q_T)$  кеңістігінде шешімі бар және жалғыз.

**Дәлелдеуі.** Есептің шешімділігін дәлелдеуде регуляризация әдісін қолданамыз.  $\varepsilon$  – оң сан болсын делік.  $Q_T$  цилиндрінде

$$-\varepsilon(v_{ttt} + \Delta^2 v) + Lv = f, \quad (4)$$

теңдеуі үшін (2) және (3) шарттарды, сонымен қатар

$$\Delta v|_S = 0, \quad (5)$$

$$v_{tt}(x, 0) = 0, v_{tt}(x, T) = 0, x \in \Omega, \quad (6)$$



шарттарын қанағаттандыратын шеттік есебін қарастырайық. (4), (2), (3), (5), (6) шеттік есебін шешімділікке зерттейік.

Біріншіден, (4) теңдеуді  $\Delta v(x, t)$  функциясына  $L_2(Q_T)$  кеңістігінде скаляр көбейтейік:

$$\int_{Q_T} [-\varepsilon(v_{ttt} + \Delta^2 v) + Lv] \Delta v dx dt = \int_{Q_T} f \Delta v dx dt. \quad (7)$$

Соңғы теңдіктің әрбір мүшелерін бөліктеп интегралдайық:

$$\begin{aligned} -\varepsilon \int_{Q_T} v_{ttt} \Delta v dx dt &= -\varepsilon \int_S v_{ttt} \nabla v ds + \varepsilon \int_{Q_T} \nabla v_{ttt} \nabla v dx dt = \\ &= \varepsilon \int_{Q_T} \nabla v_{ttt} \nabla v dx dt = \varepsilon \int_{\Omega} \left[ \nabla v_{ttt} \nabla v \Big|_0^T - \int_0^T \nabla v_{ttt} \nabla v_t dt \right] dx = \\ &= -\varepsilon \int_{\Omega} \left[ \nabla v_{tt} \nabla v_t \Big|_0^T - \int_0^T |\nabla v_{tt}|^2 dt \right] dx = \varepsilon \int_{Q_T} |\nabla v_{tt}|^2 dx dt. \\ -\varepsilon \int_{Q_T} \Delta^2 v \Delta v dx dt &= -\varepsilon \int_S \nabla \Delta v \Delta v ds + \varepsilon \int_{Q_T} |\nabla \Delta v|^2 dx dt = \varepsilon \|\nabla \Delta v\|_{2, Q_T}^2. \\ \int_{Q_T} K(x, t) v_{tt} \Delta v dx dt &= \int_{\Omega} \left[ K(x, t) \Delta v v_t \Big|_0^T - \int_0^T (K(x, t) \Delta v)_t v_t dt \right] dx = \\ &= -\int_{\Omega} \int_0^T (K_t(x, t) \Delta v + K(x, t) \Delta v_t) v_t dx dt = -\int_{Q_T} K_t(x, t) \Delta v v_t dx dt - \\ &\quad - \int_{Q_T} K(x, t) \Delta v_t v_t dx dt = -\int_{Q_T} K_t(x, t) \Delta v v_t dx dt + \\ &\quad + \int_{Q_T} \nabla K(x, t) v_t \nabla v_t dx dt + \int_{Q_T} K(x, t) |\nabla v_t|^2 dx dt. \\ \int_{Q_T} \alpha(t) \Delta v_t \cdot \Delta v dx dt &= \frac{1}{2} \int_0^T \int_{\Omega} \alpha(t) \frac{\partial}{\partial t} (\Delta v)^2 dx dt = \\ &= \frac{1}{2} \int_{\Omega} \left[ \alpha(t) (\Delta v)^2 \Big|_0^T - \int_0^T \alpha'(t) (\Delta v)^2 dt \right] dx = \\ &= \frac{1}{2} \int_{\Omega} \left[ \alpha(t) (\Delta v)^2 \Big|_0^T - \int_0^T \alpha'(t) (\Delta v)^2 dt \right] dx = \frac{1}{2} \int_{\Omega} \alpha(T) (\Delta v(x, T))^2 dx - \\ &\quad - \frac{1}{2} \int_{\Omega} \alpha(0) (\Delta v(x, 0))^2 dx - \frac{1}{2} \int_{Q_T} \alpha'(t) (\Delta v)^2 dx dt = -\frac{1}{2} \int_{Q_T} \alpha'(t) (\Delta v)^2 dx dt. \\ \int_{Q_T} f(x, t) \Delta v dx dt &= \int_0^T \left[ \int_{\partial \Omega} f \nabla v ds - \int_{\Omega} \nabla f \nabla v dx \right] dt = -\int_{Q_T} \nabla f \nabla v dx dt. \end{aligned}$$

Алынған өрнектерді (7) теңдікке қойсақ:

$$\varepsilon \int_{Q_T} |\nabla v_{tt}|^2 dx dt + \varepsilon \|\nabla \Delta v\|_{2, Q_T}^2 + \int_{Q_T} K(x, t) |\nabla v_t|^2 dx dt +$$

$$+ \int_{Q_T} \left( \beta(t) - \frac{\alpha'(t)}{2} \right) (\Delta v)^2 dxdt = \int_{Q_T} K_t(x,t) \Delta v v_t dxdt - \int_{Q_T} \nabla K(x,t) v_t \nabla v_t dxdt - \\ - \int_{Q_T} a(x,t) v_t \cdot \Delta v dxdt - \int_{Q_T} c(x,t) v \Delta v dxdt + \int_{Q_T} f(x,t) \Delta v dxdt.$$

Осы теңдікте 1-теореманың шарттарын ескеріп, сонымен бірге, Гельдер және Юнг теңсіздіктерін қолданып, нәтижеде бірінші априорлық бағалауды аламыз

$$\varepsilon \int_{Q_T} |\nabla v_{tt}|^2 dxdt + \varepsilon \|\nabla \Delta v\|_{2,Q_T}^2 + k_0 \int_{Q_T} |\nabla v_t|^2 dxdt + \beta_0 \int_{Q_T} (\Delta v)^2 dxdt \leq C_1. \quad (8)$$

Енді (4) теңдеуді  $v_{tt}$  және  $-\Delta v_{tt}$  функцияларына  $L_2(Q_T)$  скаляр көбейтіп, бөліктеп интегралдайық:

$$\varepsilon \|v_{tt}\|_{2,Q_T}^2 + \varepsilon \|\Delta v_t\|_{2,Q_T}^2 + \int_{Q_T} K(x,t) |v_{tt}|^2 dxdt - \\ - \frac{1}{2} \int_{\Omega} \alpha(T) (\nabla v_t(x,T))^2 dx + \frac{1}{2} \int_{\Omega} \alpha(0) (\nabla v_t(x,0))^2 dx + \frac{1}{2} \int_{Q_T} \alpha'(t) (\nabla v_t)^2 dxdt + \\ + \int_0^T \beta'(t) \nabla v \nabla v_t dt + \int_0^T \beta(t) |\nabla v_t|^2 dt + \int_{Q_T} a(x,t) v_t v_{tt} dxdt + \\ + \int_{Q_T} c(x,t) v v_{tt} dxdt = \int_{Q_T} f(x,t) v_{tt} dxdt \quad (9)$$

және

$$\varepsilon \|\nabla v_{tt}\|_{2,Q_T}^2 + \varepsilon \|\nabla \Delta v_t\|_{2,Q_T}^2 + \int_{Q_T} K(x,t) (\nabla v_{tt})^2 dxdt - \\ - \frac{1}{2} \int_{\Omega} \left[ \alpha(T) (\Delta v_t(x,T))^2 - \alpha(0) (\Delta v_t(x,0))^2 \right] + \int_{Q_T} \alpha'(t) (\Delta v_t)^2 dxdt + \\ + \int_{Q_T} \beta'(t) \cdot \Delta v \cdot \Delta v_t dxdt + \int_{Q_T} \beta(t) \cdot (\Delta v_t)^2 dxdt - \\ - \int_{Q_T} \nabla a \cdot v_t \nabla v_{tt} dxdt - \int_{Q_T} a \nabla v_t \nabla v_{tt} dxdt + \\ + \int_{Q_T} [\Delta v_t \cdot c_t(x,t) v + c(x,t) v_t \Delta v_t] dxdt = \int_{Q_T} f_t \Delta v_t dxdt. \quad (10)$$

(9) бен (10) тең-теңдіктерде 1-теореманың шарттарын және (8) бағалауды ескеріп, нәтижеде екінші және үшінші априорлық бағалауларды аламыз

$$\varepsilon \|v_{tt}\|_{2,Q_T}^2 + \varepsilon \|\Delta v_t\|_{2,Q_T}^2 + k_0 \int_{Q_T} |v_{tt}|^2 dxdt \leq C_3. \quad (11)$$

$$\varepsilon \|\nabla v_{tt}\|_{2,Q_T}^2 + \varepsilon \|\nabla \Delta v_t\|_{2,Q_T}^2 + k_0 \int_{Q_T} (\nabla v_{tt})^2 dxdt + \alpha_0 \int_{Q_T} (\Delta v_t)^2 dxdt \leq C_4. \quad (12)$$

Енді (4) теңдеуді келесі түрде жазайық:

$$\varepsilon (v_{tttt} + \Delta^2 v) = Lv - f,$$

содан соң, екі жағын квадраттайық та, алынған теңдіктің екі жағын  $Q_T$  облысы бойынша интегралдайық:

$$\varepsilon^2 \int_{Q_T} (v_{tttt}^2 + 2v_{tttt} \Delta^2 v + (\Delta^2 v)^2) dxdt = \int_{Q_T} [(Lv)^2 - 2fLv + f^2] dxdt.$$

Соңғы теңдікте 1-теореманың шарттарын және (8), (11), (12) априорлық бағалауларды ескере отырып, нәтижеде бізге қажетті бағалауды аламыз

$$\varepsilon^2 \int_{Q_T} (v_{tttt}^2 + (\Delta^2 v)^2) dxdt \leq C_5. \quad (13)$$

$\{\varepsilon_n\}_{n=1}^{\infty}$  тізбегі нөлге ұмтылатын он сандар тізбегін алайық.  $v_n(x, t)$  арқылы (4), (2), (5), (6) шеттік есебінің  $\varepsilon = \varepsilon_n$  болғандағы шешімін белгілейік.  $\varepsilon = \varepsilon_n$  болғандағы  $\{v_n\}_{n=1}^{\infty}$  тізбегі үшін (8), (10), (12) және (13) априорлық бағалаулар орындалады. Осы бағалаулардан және рефлексивті Гильберт кеңістігінің қасиеттерінен  $\{v_{n_k}\}_{k=1}^{\infty}$  тізбекшесі бар және  $v(x, t)$  функциясы  $k \rightarrow \infty$  ұмтылғанда  $\varepsilon_{n_k} \rightarrow 0$ ,

$$W_2^{2,2}(Q_T) \text{ кеңістігінде } v_{n_k}(x, t) \rightarrow v(x, t) \text{ әлсіз жинақталады,}$$

$$L_2(Q) \text{ кеңістігінде } \Delta v_{n_k}(x, t) \rightarrow \Delta v(x, t) \text{ әлсіз жинақталады,}$$

$$L_2(Q) \text{ кеңістігінде } \varepsilon_{n_k} v_{n_k ttt}(x, t) \rightarrow 0 \text{ әлсіз жинақталады,}$$

$$L_2(Q) \text{ кеңістігінде } \varepsilon_{n_k} \Delta^2 v_{n_k}(x, t) \rightarrow 0 \text{ әлсіз жинақталады.}$$

Бұлардан  $v(x, t)$  функциясы  $V(Q_T)$  кеңістігіне тиісті болатындығы және оның (1)-(3) шеттік есептің шешімі болады. Ал, (1)-(3) шеттік есептің  $V(Q_T)$  кеңістігінде шешімнің жалғыздығы (8) бағалаудан шығады,  $f(x, t) \equiv 0$  жағдайында  $v(x, t) \equiv 0$  екендігі шыққандықтан, ал есептің сызықтығынан есептің шешімінің жалғыздығы шығады.

**II шеттік есебі.**  $Q_T$  цилиндрінде

$$K(x, t)v_{tt} + \alpha(t)\Delta v_t + \beta(t)\Delta v + M\left(\|\nabla v\|_{L_2(\Omega)}^2\right)\Delta v + a(x, t)v_t + c(x, t)v = f(x, t), \quad (13)$$

теңдеуін және келесі шеттік шарттарын

$$v|_S = 0, \quad (14)$$

$$v(x, 0) = 0, \quad v(x, T) = 0, \quad x \in \Omega, \quad (15)$$

қанағаттандыратын регуляр  $v(x, t)$  функциясын табу.

**2-Теорема.** Айталық, 1-теореманың шарттарымен қоса

$$M(\xi) \in C^1(R), \quad \forall \xi \geq 0: M(\xi) \geq m_0 > 0,$$

теңсіздіктері орындалсын, онда (13)-(15) есебінің  $v \in V(Q_T)$  кеңістігінде шешімі бар және жалғыз. Бұл теореманың дәлелдеуі де, (1)-(3) шеттік есебін шешімділікке зерттеген кездегі регуляризация әдісін қолдану арқылы дәлелденеді.

### Қорытынды

Осы жұмыста алынған айнымалы типті теңдеу үшін шеттік есептің бірімәнді шешімділігі регуляризация әдісі арқылы дәлелденді. Айнымалы типті теңдеулерді тереңдетіп зерттеу нәтижесі ғылымның көптеген салаларында қолданысқа ие болады, атап айтсақ: физиканың кванттық теориясында, плазма физикасында, ядролық физика салаларында, газодинамика саласында, механика, геофизика, химия, молекулалық биология, ғылым салаларында дамуына үлес қосады.

### Алғыс

Бірінші авторды Қазақстан Республикасы Ғылым және Жоғары білім министрлігінің (Грант № AP19678182) фундаменталді гранты бойынша қаржыландырылды.

### Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Кожанов А.И. Краевые задачи для псевдоэллиптических уравнений третьего порядка с вырождением. Математические заметки СВФУ. 2020. Т. 27, № 3. С.19-24. <https://doi.org/10.25587/SVFU.2020.63.12.002>
- 2 Кожанов А.И. Мацеевская Е.Е., Вырождающиеся параболические уравнения с переменным направлением эволюции. Сибирские электронные математические известия. 2019. Т. 16. С.718-731. <https://doi.org/10.33048/semi.2019.16.048>
- 3 Врагов В.Н. Об одной смешанной задаче для вырождающегося эллиптического уравнения первого рода. Сибирский математический журнал. 1975. Т. 16. С.494-500.
- 4 Джамалов С.З. Об одной нелокальной краевой задаче с постоянными коэффициентами для уравнения смешанного типа второго рода второго порядка в прямоугольнике. Журнал СВМО. 2017. Т. 19, № 4. С.12-22.
- 5 Джамалов С.З. Об одной нелокальной краевой задаче для уравнения смешанного типа второго рода второго порядка. Узбекский математический журнал. 2014. Т.1, №1. С. 5-14.
- 6 Джамалов С.З. О корректности одной нелокальной краевой задачи с постоянным коэффициентом для многомерного уравнения смешанного типа второго порядка. Математические заметки СВФУ. 2017. Т. 24, №4. С.17-27.
- 7 Aitzhanov S.E., Tileuberdi Zh., Sanat G. Solvability of an initial-boundary value problem for a nonlinear pseudoparabolic equation with degeneration. Bulletin of the Karaganda University. Mathematics Series. 2022, 105(1), P. 4–12. <https://rep.ksu.kz/handle/data/13150>

### References:

- 1 Kozhanov A.I. Kraevye zadachi dlja psevdjelliptičeskix uravnenij tret'ego porjadka s vyrozhdeniem [Boundary value problems for third-order pseudoelliptic equations with degeneracy]. Matematicheskie zametki SVFU. 2020. T. 27, № 3. S.19-24. <https://doi.org/10.25587/SVFU.2020.63.12.002>
- 2 Kozhanov A.I. Macievskaja E.E., Vyrozhdajushhiesja parabolicheskie uravnenija s peremennym napravleniem jevoljucii [Degenerating parabolic equations with a variable direction of evolution]. Sibirskie jelektronnye matematicheskie izvestija. 2019. T. 16. S.718-731. <https://doi.org/10.33048/semi.2019.16.048>
- 3 Vragov V.N. Ob odnoj smeshannoju zadache dlja vyrozhdajushhegosja jelliptičeskogo uravnenija pervogo roda [On a mixed problem for a degenerate elliptic equation of the first kind]. Sibirskij matematičeskij žurnal. 1975. T. 16. S.494-500.
- 4 Džhamalov S.Z. Ob odnoj nelokal'noj kraevoj zadache s postojannymi kojefficientami dlja uravnenija smeshannogo tipa vtorogo roda vtorogo porjadka v prjamougol'nike [On a nonlocal boundary value problem with constant coefficients for a mixed type equation of the second kind of second order in a rectangle]. Zhurnal SVMO. 2017. T. 19, № 4. S.12-22.
- 5 Džhamalov S.Z. Ob odnoj nelokal'noj kraevoj zadache dlja uravnenija smeshannogo tipa vtorogo roda vtorogo porjadka [On a nonlocal boundary value problem for a mixed type equation of the second kind of second order]. Uzbečeskij matematičeskij žurnal. 2014. T.1, №1. S. 5-14.
- 6 Džhamalov S.Z. O korrektnosti odnoj nelokal'noj kraevoj zadachi s postojannym kojefficientom dlja mnogomernogo uravnenija smeshannogo tipa vtorogo porjadka [On a nonlocal boundary value problem for a mixed type equation of the second kind of second order]. Matematicheskie zametki SVFU. 2017. T. 24, № 4. S.17-27.
- 7 Aitzhanov S.E., Tileuberdi Zh., Sanat G. Solvability of an initial-boundary value problem for a nonlinear pseudoparabolic equation with degeneration. Bulletin of the Karaganda University. Mathematics Series. 2022, 105(1), P. 4–12. <https://rep.ksu.kz/handle/data/13150>

*А.С. Касым*

*Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан  
\*e-mail: kassym.aizhan@gmail.com*

## ОБ ОДНОЙ КОЭРЦИТИВНОЙ ОЦЕНКЕ В ПРОСТРАНСТВАХ МУЛЬТИПЛИКАТОРОВ

*Аннотация*

В работе рассматривается дифференциальное уравнение, которое задано несамосопряженным замкнутым и обратимым оператором второго порядка в пространстве Лебега  $L_2(0; \infty)$ . Предполагается, что переменные коэффициенты  $a_k(x)$  при производных  $y^{(k)}$  ( $k = 0, 1$ ) невырождены и могут менять знак в любой окрестности  $\infty$ . В результате исследования получена коэрцитивная оценка для решений этого уравнения в терминах точечных мультипликаторов на паре весовых пространств Соболева  $(V, W)$ . Весовые функции в этих пространствах непосредственно связаны с переменными коэффициентами рассматриваемого уравнения. Под точечным мультипликатором на паре функциональных пространств  $(V, W)$  понимают функцию, задающую ограниченный оператор умножения  $Tf = \gamma f$  из  $V$  в  $W$ . Суть коэрцитивных оценок состоит в том, что они дают функциональные характеристики для решений, такие, к примеру, как гладкость, суммируемость и др. При решении задачи был использован метод локальных оценок на интервалах специальной длины. Данный метод позволяет выявить ряд важных в теории дифференциальных операторов характеристик, опираясь на внутренние связи переменных коэффициентов, а не задавая их априори.

**Ключевые слова:** дифференциальные уравнения, точечные мультипликаторы, коэрцитивная оценка, весовые пространства Соболева.

*Аңдатпа*

*А.С. Қасым*

*Л.Н. Гумилев атындағы Евразиялық ұлттық университеті*

## МУЛЬТИПЛИКАТОРЛАР КЕҢІСТІКТЕРІНДЕГІ БІР КОЭРЦИТИВТІ БАҒАЛАУ ТУРАЛЫ

Бұл жұмыста  $L_2(0; \infty)$  Лебег кеңістігінде өзіне-өзі түйіндес тұйықталған және кері операторы бар екінші ретті оператор арқылы берілген дифференциалдық теңдеу қарастырылады.  $y^{(k)}$  ( $k = 0, 1$ ) туындылар алдындағы  $a_k(x)$  айнымалы коэффициенттері азғындалмаған және  $\infty$ -тің кез келген маңайында таңбасын өзгерте алады деп болжанады. Зерттеу нәтижесінде  $(V, W)$  салмақты Соболев кеңістіктердің жұбындағы нүктелік мультипликаторлар бойынша осы теңдеудің шешімдерінің коэрцитивтік бағалауы алынды. Бұл кеңістіктердегі салмақтық функциялар қарастырылатын теңдеудің айнымалы коэффициенттерімен тікелей байланысты.  $(V, W)$  функционалдық кеңістіктер жұбындағы нүктелік мультипликатор деп  $V$ -дан  $W$ -ға әрекет ететін  $Tf = \gamma f$  шектелген көбейту операторын анықтайтын функцияны атаймыз. Коэрцитивтік бағалаудың мәні мынада: олар шешімдерге, мысалы, тегістік, жинақтылық және т.б. сияқты функционалдық сипаттама береді. Есепті шешу кезінде арнайы ұзындық аралықтардағы локалды бағалаулар әдісі қолданылды. Бұл әдіс дифференциалдық операторлар теориясында маңызды болып табылатын бірқатар сипаттамаларды алдын-ала бермей-ақ, айнымалы коэффициенттердің ішкі байланыстарына сүйене отырып, анықтап табуға мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** дифференциалдық теңдеулер, нүктелік мультипликаторлар, коэрцитивтік бағалау, салмақты Соболев кеңістіктері.

*Abstract*

## ON A COERCIVE ESTIMATE IN SPACES OF MULTIPLIERS

*Kassym A.S.*

*L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

The paper considers a differential equation, which is given by a non-self-adjoint, closed and reversible second order operator in the Lebesgue space  $L_2(0; \infty)$ . It is assumed that the variable coefficients  $a_k(x)$  on the derivatives  $y^{(k)}$  ( $k = 0, 1$ ) are non-degenerate and can change sign in any neighborhood of  $\infty$ . As a result, we obtain a coercive

estimate for solutions of this equation in terms of point multipliers on a pair of weighted Sobolev spaces  $(V, W)$ . The weight functions in these spaces are directly related to the variable coefficients of the equation under consideration. A point multiplier on a pair of function spaces  $(V, W)$  is a function that defines a bounded multiplication operator  $Tf = \gamma f$  from  $V$  to  $W$ . The essence of coercive estimates is that they give functional characteristics for solutions, such as, for example, smoothness, summability, etc. The method of local estimates on intervals of special length was used to solve the problem. This method makes it possible to reveal a number of characteristics that are important in the theory of differential operators, relying on internal connections of variable coefficients, rather than setting them a priori.

**Keywords:** differential equations, point multipliers, coercive estimate, weighted Sobolev spaces.

### Введение

В работе продолжены исследования замкнутого и обратимого оператора

$$Ly = -a_2(x)y'' + a_1(x)y' + a_0(x)y, \quad D(L) \subset L_2(I), \quad (1)$$

рассмотренного в [1]. В (1)  $I = [0, \infty)$ , коэффициенты  $a_j \in L_{2,loc}(I)$  ( $j = 0, 1, 2$ ),  $a_2 > 0$ ,

$a_2^{-1} = \frac{1}{a_2} \in L_2(I)$ ,  $a_j$  ( $j = 0, 1$ ) невырождены на  $\infty$ , а именно, для любого  $t > 0$  мера  $|a_{j,(t)}| > 0$ , где

$a_{j,(t)} = \{x \geq t : a_{j,(t)} \neq 0\}$ . Через  $|G|$ ,  $G \subset \check{Y} = (-\infty, +\infty)$ , обозначается лебегова мера;

$L_p(G)$ ,  $L_{p,loc}(G)$  ( $1 \leq p < \infty$ ) – соответственно пространство Лебега с нормой

$$\|g\|_{L_p(G)} = \|g; L_p(G)\| = \left( \int_G |g(x)|^p dx \right)^{1/p},$$

пространство всех функций  $g$ , принадлежащих  $L_p[a, b]$  для любого отрезка  $[a, b] \subset G$ . Обозначим через  $L_{p,loc}^+(I)$  класс неотрицательных невырожденных (весовых) функций  $f \in L_{p,loc}(I)$ .

### Основные результаты

В настоящей работе была получена коэрцитивная оценка для решений уравнения

$$Ly = f, \quad f \in L_2(I)$$

в пространствах мультипликаторов.

Пусть  $X, Y$  – банаховы пространства вещественных функций, определенных на полуоси  $I$ . Функцию  $\gamma: I \rightarrow \check{Y}$  будем называть (точечным) мультипликатором на паре  $(X, Y)$ , если оператор умножения  $Tf = \gamma f$  есть ограниченный оператор, действующий из  $X$  в  $Y$ ,  $D(T) = X$ . Пространство всех мультипликаторов на паре  $(X, Y)$  обозначается как  $M(X \rightarrow Y)$ . В пространстве  $M(X \rightarrow Y)$  вводится норма (см. [2-7])

$$\| \gamma; M(X, Y) \| = \| T; X \rightarrow Y \| = \sup_{0 \neq f \in X} \frac{\| Tf \|_Y}{\| f \|_X}.$$

Пусть  $w, \rho, v \in L_{p,loc}^+(I)$  ( $i = 1, 2$ ). Через  $W_p^m(G; \rho, v)$  обозначим пополнение класса  $C_0^\infty(I)$ , бесконечно дифференцируемых и финитных в  $I$  функций по норме

$$\| y; W_p^m(G; \rho, v) \| = \left( \int_G |y^{(m)}|^p \rho(x) dx \right)^{1/p} + \left( \int_G |y|^p v(x) dx \right)^{1/p},$$

через  $V_p^m(G; w)$  – пополнение  $C_0^\infty(I)$  по норме

$$\| y; V_p^m(G; w) \| = \sum_{k=0}^m \left( \int_G |y^{(k)}|^p w(x) dx \right)^{1/p}.$$

В частности, при  $w = \rho = v = 1$   $W_p^m(G; 1, 1) = W_p^m(G)$ ,  $V_p^m(G; 1) = V_p^m(G)$  – пространства Соболева. Положим  $W = W_2^2(a_2^2, a_0^2) = W(I; a_2^2, a_0^2)$ ,  $V_p^m(w) = V_p^m(I; w)$ .

Пусть

$$Py = c_2 y'' + c_1 y' + c_0 y$$

– оператор в  $L_2 = L_2(\check{Y})$  с постоянными коэффициентами  $c_k$  ( $0 \leq k \leq 2$ ). В [2] было показано, в частности, что имеет место импликация:

$$z \in W_2^2(\check{Y}) \cap M(V_2^3(\check{Y}) \rightarrow L_2(\check{Y})), Pz \in M(V_2^3(\check{Y}) \rightarrow L_2(\check{Y})) \Rightarrow z \in M(V_2^3(\check{Y}) \rightarrow W_2^2(\check{Y})).$$

Норма

$$\|z; M(V_2^3(\check{Y}) \rightarrow W_2^2(\check{Y}))\| \leq c \left( \|Pz; M(V_2^3(\check{Y}) \rightarrow L_2(\check{Y}))\| + \|z; M(V_2^3(\check{Y}) \rightarrow L_2(\check{Y}))\| \right). \quad (2)$$

Неравенство (2) было названо коэрцитивной оценкой для решения дифференциального уравнения ( $Pz = f$ ) в пространствах мультипликаторов.

В работе [3] для решений уравнения (Штурма-Лиувилля)

$$Qz \equiv -z'' + q(x)z = f, f \in L_2(\check{Y})$$

с потенциалом  $q \geq 1$  была получена коэрцитивная оценка

$$\|z; M(W_2^m(\check{Y}) \rightarrow W_2^2(\check{Y}; 1, q^2))\| \leq c \left( \|Qz; M(W_2^m(\check{Y}) \rightarrow L_2(\check{Y}))\| + \|z; M(W_2^{m-2}(\check{Y}) \rightarrow L_2(\check{Y}))\| + \|z; W_2^2(\check{Y}; 1, q^2)\| \right).$$

Пусть  $w, \rho, v \in L_{1,loc}(I)$ ,  $\rho > 0$ . Положим ( $x \geq 0, h > 0$ ):

$$S(x, h; v) = \inf_{R \in \mathfrak{R}_{x,h}} \int_x^{x+h} v(t) |R(t)|^2 dt,$$

$$M(x, h; \rho, v) = h^3 S(x, h; v) \int_x^{x+h} \frac{1}{\rho} dt,$$

где  $\mathfrak{R}_{x,h}$  есть пространство всех аффинных функций  $R(t) = a + bt$  таких, что

$$\int_x^{x+h} |R(t)|^2 dt = 1.$$

В частности,  $R(t) \equiv h^{-1/2} \in \mathfrak{R}_{x,h}$ . Поэтому

$$S(x, h; v) \leq h^{-1} \int_x^{x+h} v(t) dt. \quad (3)$$

Положим

$$K_r(x, h; \rho, w) = h^{1-r} \left( \int_x^{x+h} \frac{1}{\rho} dt \cdot \int_x^{x+h} w dt \right)^{1/2}, r = 0, 1.$$

Пусть  $h(\cdot)$  – положительная функция в  $I$ . Будем говорить, что пара  $(\rho, v)$  допустима относительно (функции длины)  $h(\cdot)$ , если

$$S(x, h(x); \rho, v) \geq h(x)^{-3} \int_{\Delta(x)} \frac{1}{\rho} dt, \Delta(x) = [x, x + h(x)].$$

Запись:  $(\rho, v)$  допустима относительно ф.д.  $h(\cdot)$ .

Будем говорить, что весовая функция  $v$  ( $\mathfrak{R}$ )-регулярна относительно ф.д.  $h(\cdot)$ , если существует такое  $\eta, 0 < \eta < 1$ , что

$$S(x, h(x); v) \geq \eta h(x)^{-1} \int_{\Delta(x)} v dt, (x \geq 0).$$

**Теорема.** Пусть выполнены условия:

a)  $a_2$  возрастает и существует такое  $\beta > 1$ , что

$$a_2(k+1) \leq \beta a_2(k) (k = 0, 1, 2, 3, \dots),$$

b) пара  $(a_2^2, a_0^2)$  допустима и  $a_0^2$  ( $\mathfrak{R}$ )-регулярна относительно ф.д.  $h(x)$ ,

$$c) K = \sup_{x \geq 0} \left\{ \max_{r=0,1} K_r(x, h(x); a_2^2, a_0^2) \right\} < \infty,$$

$$d) N = \sup_{x \geq 0} \left( \int_0^{x+h(x)} a_2^{-2} dt \cdot \int_x^\infty a_1^2 dt \right)^{1/2} < \infty.$$

Тогда имеет место импликация

$$Lz \in M(V_2^3(a_2) \rightarrow L_2(I)) \Rightarrow z \in M(V_2^3(a_2) \rightarrow L_2(I)).$$

Норма

$$\|z; M(V_2^3(a_2) \rightarrow L_2(I))\| \leq c(\beta, \eta)(1+N) \left( \|a_2^{-1}\|_{L_2(I)} + K \right) \|z; W_2^2(a_2, a_0)\|.$$

**Замечание.** В [1] было доказано, что условия теоремы являются достаточными для существования замкнутого и обратимого расширения  $L$  минимального оператора

$$L_0 y = Ly, \quad y \in C_0^\infty(I).$$

[8, 9] Область определения  $D(L) \subset W \subset L_2(I)$ .

**Пример.** Пусть  $a_2 > 0$  имеет непрерывную производную  $a_2' > 0$ , и пусть:

i)  $a_0(x) = (1+x)^m \leq \beta_1 a_2(x), \quad x \geq 0 (m \in \Gamma, \beta_1 > 1)$

ii)  $\sup_{x \leq t \leq x+1} a_2'(t) \leq c a_2(x) (x \geq 0),$

iii) функции  $a_2^{-1}, a_1 \in L_2(I)$ .

Тогда:

1.  $a_0^2 - (\mathfrak{R})$ -регулярна относительно ф.д.

$$h(x) = h^\#(x) \stackrel{\text{def}}{=} \sup \{ h > 0 : M(x, h; a_2^2, a_0^2) \leq 1 \},$$

а именно

$$S(x, h(x); a_0^2) = \inf_{R \in \mathfrak{H}_{x, h(x)}} \int_x^{x+h(x)} (1+t)^{2m} |R(t)|^2 dt \geq \eta \frac{1}{h(x)} \int_x^{x+h(x)} (1+t)^{2m} dt, \quad (4)$$

где  $\eta = \frac{\tau^2}{2}, \tau = \tau(\frac{1}{2}) > 0$ .

2. Пара  $(a_2^2, a_0^2)$  допустима относительно ф.д.  $h(x) = h^\#(x; a_2^2, a_0^2)$ , т.к.

$$M(x, h^\#(x); a_2^2, a_0^2) = 1 \quad (5)$$

См.[1, УТВ.1]

3.

$$a_2(x+1) = a_2(x) \left( \frac{a_2(x+1) - a_2(x)}{a_2(x)} + 1 \right) \leq a_2(x) \left( \frac{a_2'(\xi)}{a_2(x)} + 1 \right) \leq \beta_1 a_2(x),$$

где  $\beta_1 = 1 + c$ .

4. Из условия (iii) следует, что

$$N \leq \frac{1}{2} \left( \|a_2^{-1}\|_{L_2(I)}^2 + \|a_1\|_{L_2(I)}^2 \right) < \infty.$$

5. Из равенства (5) и оценок (3), (4) следует:

$$S(x, h(x); a_0^2) \leq \frac{1}{h(x)} \int_{\Delta(x)} a_0^2 dt \leq \eta^{-1} S(x, h(x); a_0^2),$$

$$\frac{1}{h(x)} \leq \left( \int_{\Delta(x)} a_0^2 dt \int_{\Delta(x)} a_2^{-2} dt \right)^{1/2} = K_1(x, h(x); a_2^2, a_0^2) \leq \eta^{-1/2} \frac{1}{h(x)}.$$

Поэтому

$$K_0(x, h(x); a_2^2, a_0^2) \leq \eta^{-1/2},$$

$$K_1(x, h(x); a_2^2, a_0^2) \leq \eta^{-1/2}, \text{ если } h(x) > 1.$$



В случае  $h(x) \leq 1$ :

$$K_1(x, h(x); a_2^2, a_0^2) \leq \left[ \int_x^{x+1} a_2^{-2} dt \cdot \int_x^{x+1} (1+t)^{2m} dt \right]^{1/2} \leq 2^m \frac{(1+x)^m}{a_2(x)} \leq 2^m \sqrt{\beta_1}.$$

Поэтому

$$K = \sup_{x \geq 0} \left\{ \max_{r=0,1} K_r(x, h(x); a_2^2, a_0^2) \right\} \leq \max \left\{ \eta^{-1/2}, 2^m N_0^{1/2} \right\}.$$

В оценке (4) было использовано следующее

**Утверждение [10]** Для любого  $\delta, 0 < \delta < 1$ , существует  $\tau = \tau(\delta) > 0$  такое, что

$$\sup_{R \in \mathfrak{R}_{x,h}} \left\{ t \in [x, x+h] : |R(t)| \leq \tau h^{-1/2} \right\} \leq \delta h. \quad (6)$$

Пусть  $\delta = \frac{1}{2}$ . Т.к.  $e = \{t \in \Delta = [x, x+h] : |R(t)| \leq \tau h^{-1/2}\}$  есть отрезок  $[a, b] \subset \Delta, a = a(R), b = b(R)$  для всех  $R \in \mathfrak{R}_{x,h}$ , то

$$\begin{aligned} \int_e |R|^2 (1+t)^{2m} dt &\leq \frac{\tau^2}{h} \cdot \frac{(1+b)^{2m+1} - (1+a)^{2m+1}}{2m+1} = \frac{\tau^2}{(2m+1)h} (b-a) \sum_{k=0}^{2m} (1+b)^{2m-k} (1+a)^k \leq \\ &\leq \frac{\tau^2}{2(2m+1)h} \left\{ h \sum_{k=0}^{2m} (1+x+h)^{2m-k} (1+x)^{2m-k} \right\} = \frac{\tau^2}{2h} \int_{\Delta} (1+t)^{2m} dt. \end{aligned}$$

Поэтому для всех  $R \in \mathfrak{R}_{x,h}$  в силу (6)

$$\begin{aligned} \int_{\Delta, e} |R|^2 (1+t)^{2m} dt &\geq \frac{\tau^2}{h} \int_{\Delta, e} (1+t)^{2m} dt = \frac{\tau^2}{h} \left[ \int_{\Delta} (1+t)^{2m} dt - \int_e (1+t)^{2m} dt \right] \geq \\ &\geq \frac{\tau^2}{2h} \int_{\Delta} (1+t)^{2m} dt = \eta \frac{1}{h} \int_x^{x+h} (1+t)^{2m} dt. \end{aligned}$$

**Вспомогательные утверждения для доказательства теоремы.**

Пусть  $0 \leq k < m$  – целые,  $1 \leq p < \infty$ . Тогда для всех  $y \in W_p^m(\Delta), \Delta = (x, x+h) (h > 0)$ , имеет место оценка

$$\sup_{\Delta} |y^{(k)}| \leq C_0^* h^{m-k-1/p} \left[ \int_{\Delta} \left( |y^{(m)}|^p + h^{-mp} |y|^p \right) dt \right]^{1/p}. \quad (7)$$

Постоянная  $C_0^* = C_0^*(p, m, k)$ .

Оценка (7) есть тривиальное следствие из неравенства вложения Соболева

$$\sup_{C[0,1]} |y^{(k)}| \leq C_0^* \|y; W_p^m(0,1)\|.$$

**Лемма [1].** Пусть выполнены условия

i)  $M(x, h; \rho, \nu) \geq 1$ ,

ii) существует такое  $\eta, 0 < \eta < 1$ , что

$$S(x, h; \nu) \geq \eta \frac{1}{h} \int_x^{x+h} \nu dt. \quad (8)$$

Тогда для всех  $f \in W_2^2(\Delta; \rho, \nu)$ , где  $\Delta = (x, x+h)$ , справедлива оценка

$$\left( \int_{\Delta} |f^{(r)}|^2 w(t) dt \right)^{1/2} \leq c_r K_r(x, h; \rho, w) \left[ \int_{\Delta} \left( \rho(t) |f''|^2 + \nu(t) |f|^2 \right) dt \right]^{1/2}, \quad (9)$$

где  $c_r = c(r, \eta), r = 0, 1$ .

В случае  $w = 1$

$$K_r(x, h; \rho, 1) = h^{\frac{3}{2}-r} \left( \int_x^{x+h} \frac{1}{\rho} dt \right)^{1/2}.$$

**Доказательство теоремы.**

Пусть  $y \in C_0^\infty(I)$ ,  $z \in D(L)$  и  $Lz \in M(W_2^2(I) \rightarrow W_2^1(I))$ . Заметим, что

$$a_2(x)(yz)'' = -yLz + a_2(x)(y'z)' + a_2(x)y'z' + a_1(x)yz' + a_0(x)yz.$$

Введем обозначения. Пусть  $z_k = Q_k(z)$ ,  $y_k = Q_k(y)$ , где  $Q_k: W_2^1(G_k) \rightarrow W_2^1(\check{Y})$  – оператор продолжения с интервала  $G_k = (k, k+1)$ , на весь  $\check{Y}$  ( $k = 0, 1, \dots$ ). Норма  $\|Q_k\| \leq c_1$  (см. [4]). Пространство  $W_p^m = W_p^m(\check{Y})$

Теперь выводим:

$$\begin{aligned} \|a_2(y'z)'\|_{L_2(I)}^2 &\leq \sum_{k=0}^{\infty} a_2^2(k+1) \left( \|z_k y_k'\|_{L_2(I)}^2 + \|z_k y_k'\|_{L_2(I)}^2 \right) = \\ &= \sum_{k=0}^{\infty} a_2^2(k+1) \|z_k y_k'; W_2\|^2 \leq \sum_{k=0}^{\infty} \left\{ a_2(k+1) \|z_k; M(W_2^2 \rightarrow W_2^1)\| \|y_k'; W_2\|^2 \right\}^2. \end{aligned}$$

Так как  $a_2(k+1) \leq \beta a_2(k) \leq \beta a_2(x)$ , для всех  $x \in [k, k+1]$ , то

$$\|a_2(y'z)'\|_{L_2(I)}^2 \leq 2(c_1\beta)^2 \sum_{k=0}^{\infty} \|z_k; M(W_2^2 \rightarrow W_2^1)\|^2 \left( \int_k^{k+1} |a_2(x)y^{(3)}|^2 dx + \int_k^{k+1} |a_2(x)y'|^2 dx \right). \quad (10)$$

Норма

$$\|z_k; M(W_2^2 \rightarrow W_2^1)\| \leq c_2 \sup_{x \in \check{Y}} \|z_k; W_2^1(x, x+1)\|$$

См [2, 1.3.3]. Поэтому

$$\|z_k; M(W_2^2 \rightarrow W_2^1)\| \leq c_2 \|z_k; W_2^1\| \leq c_2 c_1 \left[ \left( \int_k^{k+1} |z'|^2 dt \right)^{1/2} + \left( \int_k^{k+1} |z|^2 dt \right)^{1/2} \right]. \quad (11)$$

В силу (10), (11)

$$\|a_2(y'z)'\|_{L_2(I)}^2 \leq 2c_1^2 c_2^2 \beta \|y; V_2^3(a_2)\| \left[ \int_0^\infty |z'|^2 dx + \int_0^\infty |z|^2 dx \right]^{1/2}. \quad (12)$$

Положим  $x_1 = 0$ ,  $x_{j+1} = x_j + h(x_j)$  ( $j = 1, 2, \dots$ ). Из (12) и оценки (9) следует:

$$\begin{aligned} \left[ \int_0^\infty |z'|^2 dt + \int_0^\infty |z|^2 dt \right]^{1/2} &= \left[ \sum_{j=1}^{\infty} \int_{\Delta(x_j)} |z'|^2 dt + \sum_{j=1}^{\infty} \int_{\Delta(x_j)} |z|^2 dt \right]^{1/2} \leq \\ &\leq c(\eta) \left( \sup_{x \geq 0} h(x) \int_{\Delta(x)} a_2^{-2} dt + \sup_{x \geq 0} h^3(x) \int_{\Delta(x)} a_2^{-2} dt \right)^{1/2} \left[ \sum_{j=1}^{\infty} \int_{\Delta(x_j)} (|a_2 z''|^2 + |a_0 z|^2) dx \right]^{1/2} \leq c(\eta) K \|z\|_W, \end{aligned} \quad (13)$$

где  $\|z\|_W = \|z; W_2^2(a_2, a_0)\|$ .

Из (12), (13) следует:

$$\|a_2(y'z)'\|_{L_2(I)} \leq c_3(\beta, \eta) K \|z\|_W \|y; V_2^3(a_2)\|. \quad (14)$$

Далее в силу (7):

$$\begin{aligned} \|a_2 y' z'\|_{L_2(I)} &\leq \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} \left( \sup_{(k, k+1)} |z'| \right)^{2k+1} \int_k^{k+1} |a_2 y'|^2 dx \right\}^{1/2} \leq c_0^* \|y; V_2^3(a_2)\| \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} \left( \int_k^{k+1} (|z''| + |z|) dx \right)^2 \right\}^{1/2} \\ &\leq \sqrt{2} c_0^* \|y; V_2^3(a_2)\| \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} \int_k^{k+1} a_2^{-2} \int_k^{k+1} |a_2 z''|^2 dx + \sum_{k=0}^{\infty} \int_k^{k+1} |z|^2 dx \right\}^{1/2} \leq \\ &\leq \sqrt{2} c_0^* \|y; V_2^3(a_2)\| \left( \|a_2^{-1}\|_{L_2(I)} \|a_2 z''\|_{L_2(I)} + \left( \int_0^\infty |z|^2 dx \right)^{1/2} \right). \end{aligned} \quad (15)$$

В силу (9)

$$\int_0^{\infty} |z|^2 dx \leq \sum_{j=1}^{\infty} c^2 \left( h^3(x_j) \int_{\Delta(x_j)} a_2^{-2} dt \right)^2 \int_{\Delta(x_j)} (|a_2 z''|^2 + |a_0 z|^2) dx \leq c^2 \sup_{x \geq 0} \left[ h^3(x) \int_{\Delta(x)} a_2^{-2} dt \right] \|z\|_w^2. \quad (16)$$

Из (15) и (16) выводим, что

$$\|a_2 y' z'\|_{L_2(I)} \leq \sqrt{2} c_0^* \left( \|a_2^{-1}\|_{L_2(I)} + c(\eta)K \right) \|y; V_2^3(a_2)\| \|z\|_w. \quad (17)$$

Для оценки нормы  $\|a_1 y z'\|_{L_2(I)}$  возьмем в (8)-(9)

$$w(x) = a_1^2(x), v(x) = a_2^{-2}(x)$$

и оценку  $\|z; W_1^2(I)\|$  из (15) и (16). Выводим:

$$\|a_1 y z'\|_{L_2(I)} \leq \sqrt{2} c_0^* R \left( \|a_2^{-1}\|_{L_2(I)} + c(\eta)K \right) \|y; V_2^3(a_2)\| \|z\|_w. \quad (18)$$

В свою очередь

$$\begin{aligned} \|a_0 y z\|_{L_2(I)} &\leq \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} \left( \sup_{[k, k+1]} |y| \right)^2 \int_k^{k+1} |a_0 z|^2 dx \right\}^{1/2} \\ &\leq \sqrt{2} c_0^* \|a_0 z\|_{L_2(I)} \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} \int_k^{k+1} a_2^{-2} dx \left( \int_k^{k+1} |a_2 y'|^2 dx + \int_k^{k+1} |a_2 y|^2 dx \right) \right\}^{1/2} \\ &\leq \sqrt{2} c_0^* \|z\|_w \|a_2^{-1}\|_{L_2(I)} \|y; V_2^3(a_2)\|. \end{aligned} \quad (19)$$

Собирая оценки (14), (17)-(19), выводим:

$$\begin{aligned} \|y z\|_{L_2(I)} &\leq \|y L z\|_{L_2(I)} + \|a_2 (y' z)'\|_{L_2(I)} + \|a_2 y' z'\|_{L_2(I)} + \|a_1 y z'\|_{L_2(I)} + 2 \|a_0 y z\|_{L_2(I)} \leq \\ &\leq \|L z; M(V_2^3(a_2) \rightarrow L_2(I))\| + c(\beta, \eta)(1 + N) \left( \|a_2^{-1}\|_{L_2(I)} + K \right) \|z\|_w \|y; V_2^3(a_2)\|. \end{aligned}$$

Теорема доказана.

Список использованной литературы:

- 1 Kussainova, L.K., Sultanaev, Ia.T., Kassym, A.S. On an invertible extension of a non-self-adjoint singular differential operator on a half-line. // *Differential Equations*. №57. P. 1408-1412. <https://doi.org/10.1134/s0012266121100153>
- 2 Мазья В.Г., Шапошникова Т.О. Теория мультипликаторов в пространствах дифференцируемых функций. Ленинград, Изд. ЛГУ, 1986. - 404 с. <http://www.libex.ru/detail/book1054619.html>
- 3 Kassym A.S. Kusainova L.K. On the Separation Property of the Sturm–Liouville Operator in Weighted Spaces of Multipliers. // *Journal of Mathematical Science*. 2019. №241. P. 596-604. <https://doi.org/10.1007/s10958-019-04448-x>
- 4 Triebel H. *Theory of function spaces*. Birkhäuser Verlag, Basel 1983. -281 с. <https://doi.org/10.1007/978-3-0346-0416-1>
- 5 Kussainova L., Myrzagaliev A. On multipliers in weighted Sobolev spaces. Part I // *Bulletin of the Karaganda University. Mathematics series*. Karaganda, 2016. Vol. 82, №2. P. 74-83.
- 6 Myrzagaliev A. Multipliers in weighted Sobolev spaces on the axis. // *Bulletin of the Karaganda University. Mathematics series*. Karaganda, 2022. №3(107). P. 105-115. <https://doi.org/10.31489/2022M3/105-115>
- 7 Гаибов Д.С. Коэрцитивные оценки и разделимость дифференциальных операторов класса Трибеля. // Автореферат. Душанбе, 2008. -14 с. <https://new-disser.ru/avtoreferats/01004244003.pdf>
- 8 Наймарк М.А. Линейные дифференциальные операторы. М.: Наука, 1969. -528 с. <http://ikfia.ysn.ru/wp-content/uploads/2018/01/Najmark1969ru.pdf>
- 9 Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. М.: Наука, 1976. -544 с.
- 10 Кусаинова Л.К. Теоремы вложения и интерполяция весовых пространств Соболева. // *Дис. ... д-ра физ.-мат. наук*. Караганда, 1998, 228 с.

References:

- 1 Kussainova, L.K., Sultanaev, Ia.T., Kassym, A.S. (2021) On an invertible extension of a non-self-adjoint singular differential operator on a half-line. // *Differential Equations*. №57. P. 1408-1412. <https://doi.org/10.1134/s0012266121100153>
- 2 Mazia, V.G., Shaposhnikova, T.O. (1986). *Teoriia multiplikatorov v prostranstvakh differentsiruemykh funktsii* [Theory of multipliers in spaces of differentiable functions]. Leningrad: Izd.LGU (in Russian).
- 3 Kassym A.S. Kusainova L.K. On the Separation Property of the Sturm–Liouville Operator in Weighted Spaces of Multipliers. // *Journal of Mathematical Science*. 2019. №241. P. 596-604. <https://doi.org/10.1007/s10958-019-04448-x>
- 4 Triebel H. (1983) *Theory of function spaces*. Birkhäuser Verlag, Basel. 281c.<https://doi.org/10.1007/978-3-0346-0416-1>
- 5 Kussainova L., Myrzagaliyeva A. On multipliers in weighted Sobolev spaces. Part I // *Bulletin of the Karaganda University. Mathematics series*. Karaganda, 2016. Vol. 82, №2. P. 74-83.
- 6 Myrzagaliyeva A. Multipliers in weighted Sobolev spaces on the axis. // *Bulletin of the Karaganda University. Mathematics series*. Karaganda, 2022. №3(107). P. 105-115. <https://doi.org/10.31489/2022M3/105-115>
- 7 Gaibov D.S. Koertsitivnye otsenki i razdelimost differentsialnykh operatorov klassa Tribelia [Coercive Estimates and Separability of Triebel Class Differential Operators] // *Avtoreferat*. Dushanbe, 2008. -14 s. (in Russian) <https://new-disser.ru/avtoreferats/01004244003.pdf>
- 8 Naimark M.A. *Lineinye differentsialnye operatory* [Linear differential operators] M.: Nauka, 1969. -528 s. (in Russian) <http://ikfia.ysn.ru/wp-content/uploads/2018/01/Najmark1969ru.pdf>
- 9 Kolmogorov A.N., Fomin S.V. *Elementy teorii funktsii i funktsionalnogo analiza* [Elements of the theory of functions and functional analysis.] M.: Nauka, 1976. -544 s. (in Russian)
- 10 Kussainova, L.K. (1998) *Teoremy vlozheniia i interpoliatsiia vesovykh prostranstv Soboleva* [Embedding theorems and interpolation of weighted Sobolev spaces]. (dissertation). Karaganda (in Russian).

М.Д. Кошанова<sup>1\*</sup>, М.А. Муратбекова<sup>1</sup>, Б.Х. Турметов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Қ.А. Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ., Қазақстан  
\*e-mail: maira.koshanova@ayu.edu.kz

## ИНВОЛЮЦИЯЛЫ ПАРАБОЛАЛЫҚ ТЕҢДЕУ ҮШІН КЕЙБІР КЕРІ ЕСЕПТЕР ТУРАЛЫ

*Аңдатпа*

Бұл мақалада инволюция қасиетіне ие болған түрлендіру көмегімен Лаплас операторының бейлокал аналогы ұғымын енгізіледі. Осы операторға сәйкес келетін бейлокал параболалық теңдеу үшін цилиндрлік аймақта кейбір кері есептердің шешімділігі зерттеледі. Теңдеудің оң жағын табуға арналған кері есептердің екі түрі қарастырылады. Бірінші есепте теңдеуді шешімімен қатар, кеңістіктік айнымалыларына тәуелді көбейткіш ізделеді. Ал екінші есеп уақыт айнымалына тәуелді функцияны табуға арналады. Бұл есептерді зерттеу барысында бейлокал Лаплас операторына Дирихле түрінде шекаралық шартпен берілген спектрлік есебінің меншікті функцияларының маңызды қасиеттері қолданылады. Меншікті функциялардың бұл қасиеттері қарастырылатын есептердің шешімін табу үшін айнымалыларын ажыратудың Фурье әдісін қолдануға мүмкіндік береді. Бірінші есептің шешімі меншікті функциялар арқылы жіктелген қатар түрінде анықталады. Екінші есептің шешімін табу кезінде екінші тектес Вольтерра түріндегі интегралдық теңдеулер теориясы қолданылады. Қарастырылатын есептердің шешімдерінің бар болуы және жалғыздығы туралы теоремалар дәлелденеді.

**Түйін сөздер:** кері есеп, инволюция, параболалық теңдеу, меншікті функциялар, меншікті мәндер, шешімнің бар болуы, шешімнің жалғыздығы.

*Аннотация*

М.Д. Кошанова<sup>1</sup>, М.А. Муратбекова<sup>1</sup>, Б.Х. Турметов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> К.А. Международный казахско-турецкий университет Ясауи, г. Туркестан, Казахстан

## О НЕКОТОРЫХ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧАХ ДЛЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ С ИНВОЛЮЦИЕЙ

В статье с помощью отображения, обладающей свойством инволюции вводится понятие нелокального аналога оператора Лапласа. Для соответствующего нелокального параболического уравнение в цилиндрической области исследуются вопросы разрешимости некоторых обратных задач. Рассматриваются два вида обратных задач по отысканию правой части уравнения. В первой задаче кроме решения уравнения ищется множитель, зависящий от пространственной переменной. А вторая задача посвящена отысканию функции, зависящий от временной переменной. При исследовании этих задач используются существенные свойства собственных функций спектральной задачи для нелокального оператора Лапласа с краевым условием типа Дирихле. Эти свойства собственных функций позволяют применить к нахождению решения рассматриваемых задач метод разделения переменных Фурье. Решение первой задачи находится в виде ряда разложенной по собственным функциям. При решении второй задачи используются теория интегральных уравнений Вольтерра второго рода. Доказываются теоремы существования и единственности решения рассматриваемых задач.

**Ключевые слова:** обратная задача, инволюция, параболическое уравнение, собственные функции, собственные значения, существование решение, единственность решение.

*Abstract*

## ON SOME INVERSE PROBLEMS FOR PARABOLIC EQUATION WITH INVOLUTION

Koshanova M.<sup>1</sup>, Muratbekova M.<sup>1</sup>, Turmetov B.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan

In this article, with the help of a mapping with the involution property, the concept of a nonlocal analogue of the Laplace operator is introduced. For the corresponding nonlocal parabolic equation in a cylindrical domain, the solvability of some inverse problems is studied. Two types of inverse problems of finding the right side of the equation are considered. In the first problem, in addition to solving the equation, a factor is sought that depends on the spatial variable. And the second task is devoted to finding a function that depends on a temporary variable. In the study of these problems, the essential properties of the eigenfunctions of the spectral problem for a nonlocal Laplace operator with a Dirichlet-type boundary condition are used. These properties of eigenfunctions make it possible to apply the Fourier variable separation method to finding solutions to the problems under consideration. The solution of the first problem is in the form of a series expanded in terms of eigenfunctions.

When solving the second problem, the theory of Volterra integral equations of the second kind is used. Theorems on the existence and uniqueness of solutions of the problems under consideration are proved.

**Keywords:** inverse problem, involution, parabolic equation, eigenfunctions, eigenvalues, existence of a solution, uniqueness of a solution.

### 1. Кіріспе

Айталық  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in R^n$ ,  $\Omega$  - бірлік шар,  $\partial\Omega$  - бірлік сфера болсын делік.  $Q$  арқылы  $Q = \Omega \times (0, T)$  түріндегі цилиндрлік облысты белгілейміз. Кез-келген  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in \Omega$  нүктелері үшін  $Sx = (-x_1, -x_2, \dots, -x_n)$  бейнелеуін қарастырамыз және  $Lv(x) = a_0 \Delta v(x) + a_1 \Delta v(Sx)$  операторын енгіземіз. Жұмыста келесі есептер зерттеледі.

**1-Есеп.**  $F(x, t) = f(x)g(t)$  түрінде берілсін. Келесі  $u(t, x), u_t(t, x), L_x u(t, x) \in C(\bar{Q}), f(x) \in C(\bar{\Omega})$  кластарға тиісті және

$$\frac{\partial u(t, x)}{\partial t} = L_x u(t, x) + F(t, x), (t, x) \in Q, \quad (1)$$

$$u(0, x) = \varphi(x), x \in \bar{\Omega}, \quad (2)$$

$$u(t, x) = 0, 0 \leq t \leq T, x \in \partial\Omega, \quad (3)$$

$$u(t_0, x) = \psi(x), 0 < t_0 \leq T, x \in \partial\Omega, \quad (4)$$

шарттарды қанағаттандыратын  $u(t, x)$  және  $f(x)$  функцияларын табуымыз қажет. Мұндағы  $t_0 \in (0, T]$  аралығында жататын тиянақты нүкте, ал  $g(t), \varphi(x)$  және  $\psi(x)$  берілген функциялар.

**2-Есеп.**  $F(x, t) = f(x)g(t)$  түрінде берілсін. Келесі  $u(t, x), u_t(t, x), L_x u(t, x) \in C(\bar{Q}), g(t) \in C[0, T]$  кластарға тиісті, (1) теңдеуді, (2), (3) шарттарын және келесі

$$u(x_0, t) = h(t), x_0 \in \Omega, 0 \leq t \leq T, \quad (5)$$

қосымша шартты қанағаттандыратын  $u(t, x)$  және  $g(t)$  функцияларын табуымыз қажет. Мұндағы  $x_0 \in \Omega$  облысында жататын белгілі бір нүкте, ал  $f(x)$  берілген функция.

Теңдеуді шешімімен қатар оның оң жағын, теңдеудің коэффициентін немесе бастапқы және шекаралық функцияларын табу қажет есептерді зерттеу математикалық физиканың кері есептері деп аталатыны, белгілі. Қазіргі ғылымдағы кері есептердің көптеген қолданулары [1,2] еңбектерде жан-жақты зерттелген. Инволюциялы түрлендірулер қатысқан дифференциалдық теңдеулер үшін тура және кері есептер [3-9] жұмыстарда қарастырылған. Бұл жұмыстарда теңдеудің оң жағы мен шешімін табу мәселелері кеңістік айнымалысы бір өлшемді болған жағдайында зерттелген. Кеңістік айнымалылар көп өлшемді жағдайындағы кері есептер келесі жұмыстарда зерттелген [10-13]. Бұл мақалаларда қарастырылатын есептер классикалық теңдеулер үшін, яғни, инволюциялық түрлендірулері жоқ теңдеулер үшін зерттелгенін ескеруіміз керек.

Біз қарастырып жатқан 1 және 2 есептер тікбұрышты облыста классикалық параболалық теңдеу үшін  $n = 2$  жағдайында К.Б.Сабитов және А.Р.Зайнулловтардың [14] жұмысында зерттелген.

### 2. Бірінші кері есепті $g(t) = 1$ жағдайында зерттеу

Бірінші кері есепті алдымен  $g(t) = 1$  жағдайында зерттелік. Айталық,  $w_k(x)$  функциялары және  $\mu_k$  сандары сәйкесінше

$$-\Delta w(x) = \mu w(x), x \in \Omega, w(x) = 0, x \in \partial\Omega$$

Дирихле есебінің меншікті функциялары мен меншікті мәндері болсын. [16] еңбегінде келесі тұжырым дәлелденген.

**1-Лемма.**  $w_k(x)$  меншікті функцияларды  $w_{2k-1}(Sx) = -w_{2k-1}(x)$  және  $w_{2k}(Sx) = w_{2k}(x)$  қасиеттерге ие болатындай бөліктерге бөлуге, яғни  $\{w_k(x)\}_{k=1}^{\infty} = \{w_{2k-1}(x), w_{2k}(x)\}_{k=1}^{\infty}$  түрінде нөмірлеуге болады.

$u(t, x)$  функциясы 1-есептің шешімі болсын. Осы функцияға сәйкес келетін келесі

$$u_k(t) = \int_{\Omega} u(t, x) w_k(x) dx$$

функцияларды қарастырайық. (1)-шартты қолданып,  $u_k(t)$  функциялары үшін мынаны аламыз

$$\begin{aligned} u'_k(t) &= \int_{\Omega} u_t(t, x) w_k(x) dx = \int_{\Omega} [a_0 \Delta u(t, x) + a_1 \Delta u(t, Sx) + f(x)] w_k(x) dx = \\ &= -a_0 \mu_k \int_{\Omega} u(t, x) w_k(x) dx - a_1 \mu_k \int_{\Omega} u(t, x) w_k(Sx) dx + f_k. \end{aligned}$$

Ары қарай, 1-лемманың тұжырымынан келесі нәтиже келіп шығады

$$\int_{\Omega} u(t, x) w_k(Sx) dx = \begin{cases} \int_{\Omega} u(t, x) w_{2m}(Sx) dx = u_{2k}(t), k = 2m \\ -\int_{\Omega} u(t, x) w_{2m-1}(Sx) dx = u_{2k-1}(t), k = 2m - 1 \end{cases}.$$

Егер (3) және (4) шарттарды қолдансақ, онда  $u_k(t)$  функциялары үшін

$$u_k(0) = \int_{\Omega} u(0, x) w_k(x) dx = \int_{\Omega} \varphi(x) w_k(x) dx = \varphi_k, \quad u_k(t_0) = \int_{\Omega} u(t_0, x) w_k(x) dx = \int_{\Omega} \psi(x) w_k(x) dx = \psi_k,$$

теңдіктерге ие боламыз.

Осылайша,  $u_k(t)$  функциялары үшін келесі

$$u'_k(t) + \lambda_k u_k(t) = f_k, \quad 0 < t < T, \quad (6)$$

$$u_k(0) = \varphi_k, \quad u_k(t_0) = \psi_k, \quad (7)$$

есепке ие боламыз. Мұнда  $\lambda_{2k-1} = (a_0 - a_1) \mu_{2k-1}$ ,  $\lambda_{2k} = (a_0 + a_1) \mu_{2k}$ . Бұдан кейін  $a_0 \pm a_1 > 0$  шарттары орындалады деп есептейміз.

(6)-теңдеудің жалпы шешімі мына түрде болады

$$u_k(t) = C_k e^{-\lambda_k t} + \frac{f_k}{\lambda_k}, \quad (8)$$

мұндағы  $C_k$  кез келген тұрақтылар. (8)-функцияны (7) шарттарға қойып

$$\begin{cases} C_k + \frac{f_k}{\lambda_k} = \varphi_k \\ C_k e^{-\lambda_k t_0} + \frac{f_k}{\lambda_k} = \psi_k \end{cases}.$$

теңдіктерді аламыз. Бұдан  $C_k$  және  $f_k$  - ларды келесі  $C_k = \frac{\varphi_k - \psi_k}{1 - e^{-\lambda_k t_0}}$  және

$$f_k = \lambda_k \frac{\psi_k - \varphi_k e^{-\lambda_k t_0}}{1 - e^{-\lambda_k t_0}}. \quad (9)$$

формулалар бойынша табамыз.

Осы табылған мәндерді (8) теңдіктің оң жақ бөлігіне апарып қойып,  $u_k(t)$  функциялары үшін алатынымыз

$$u_k(t) = \frac{e^{-\lambda_k t} - e^{-\lambda_k t_0}}{1 - e^{-\lambda_k t_0}} \varphi_k + \frac{1 - e^{-\lambda_k t}}{1 - e^{-\lambda_k t_0}} \psi_k. \quad (10)$$

Егер 1-есептің шарттарында  $\varphi(x) \equiv 0$  және  $\psi(x) \equiv 0$  теңдіктер орындалатын болса, онда  $u_k(t) = 0, f_k = 0, \forall k \geq 1$  болатынын, ескеруіміз керек. Бұл шарттардан

$$\int_{\Omega} u(t, x) w_k(x) dx = 0, \int_{\Omega} f(x) w_k(x) dx = 0, k \geq 1.$$

теңдіктер келіп шығады.  $w_k(x)$  меншікті функциялар толық ортонормальданған жүйе болғандықтан, дерлік барлық  $t \in [0, T]$  үшін  $f(x) \equiv 0, x \in \bar{\Omega}$  және  $u(t, x) \equiv 0, x \in \bar{\Omega}$  теңдіктерді аламыз. Ұйғарым бойынша  $u(t, x)$  функциясы  $\bar{Q}$  тұйық облысында үзіліссіз функция. Сонда  $u(t, x) \equiv 0, (t, x) \in \bar{Q}$ . Бұдан, егер 1-есептің шешімі бар болса, онда ол жалғыз болады.

Ендігі зерттеулерде біз [16] жұмыста дәлелденген кейбір тұжырымдарды қолданамыз.

**2-Лемма.**  $\{w_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$  жүйе үшін келесі тұжырымдар орынды:

1)  $\sum_{k=1}^{\infty} \mu_k^{-\left(\left[\frac{n}{2}\right]+1\right)} w_k^2(x)$  қатары  $\bar{\Omega}$  тұйық облысында бірқалыпты жинақталады;

2)  $\sum_{k=1}^{\infty} \mu_k^{-\left(\left[\frac{n}{2}\right]+2\right)} \left[ \frac{\partial w_k(x)}{\partial x_i} \right]^2$  және  $\sum_{k=1}^{\infty} \mu_k^{-\left(\left[\frac{n}{2}\right]+3\right)} \left[ \frac{\partial^2 w_k(x)}{\partial x_i \partial x_j} \right]^2$  қатарлары  $\Omega$  облысының кез келген  $\bar{\Omega}_0$  қатаң

тұйық ішкі облысында бірқалыпты жинақталады.

**3-Лемма.**  $g(x)$  функциясы келесі шарттарды қанағаттандыратын болсын

1)  $g(x) \in C^m(\bar{\Omega}), \frac{\partial^{m+1} g(x)}{\partial x_1^{m_1} \dots \partial x_n^{m_n}} \in L_2(\Omega), m_1 + \dots + m_n = m + 1, m \geq 1,$

2).  $g(x)|_{\partial\Omega} = \Delta g(x)|_{\partial\Omega} = \dots = \Delta^{\left[\frac{m}{2}\right]} g(x)|_{\partial\Omega} = 0.$

Онда  $\sum_{k=1}^{\infty} g_k^2 \mu_k^{m+1}$  сандық қатары жинақталады, мұндағы  $g_k = (g, w_k).$

1-есептің  $g(t) = 1$  жағдайындағы негізгі тұжырымын баяндайық.

**1-Теорема.** Айталық,  $a_0 \pm a_1 > 0, g(t) = 1, \varphi(x)$  және  $\psi(x)$  функциялары 3 лемманың шарттарын  $m = \left[ \frac{n}{2} \right] + 2$  көрсеткішке сәйкес қанағаттандырсын. Онда 1-есептің шешімі бар, жалғыз болады және мына

$$f(x) = (a_0 - a_1) \sum_{k=1}^{\infty} \lambda_{2k-1} \frac{\psi_{2k-1} - \varphi_{2k-1} e^{-(a_0 - a_1) \mu_{2k-1} t_0}}{1 - e^{-(a_0 - a_1) \mu_{2k-1} t_0}} w_{2k-1}(x) + (a_0 + a_1) \sum_{k=1}^{\infty} \lambda_{2k} \frac{\psi_{2k} - \varphi_{2k} e^{-(a_0 + a_1) \mu_{2k} t_0}}{1 - e^{-(a_0 + a_1) \mu_{2k} t_0}} w_{2k}(x), \quad (11)$$

$$u(t, x) = \sum_{k=1}^{\infty} \left( \frac{e^{-(a_0 - a_1) \mu_{2k-1} t} - e^{-(a_0 - a_1) \mu_{2k-1} t_0}}{1 - e^{-(a_0 - a_1) \mu_{2k-1} t_0}} \varphi_{2k-1} + \frac{1 - e^{-(a_0 - a_1) \mu_{2k-1} t}}{1 - e^{-(a_0 - a_1) \mu_{2k-1} t_0}} \psi_{2k-1} \right) w_{2k-1}(x) +$$



$$+ \sum_{k=1}^{\infty} \left( \frac{e^{-(a_0+a_1)\mu_{2k}t} - e^{-(a_0+a_1)\mu_{2k}t_0}}{1 - e^{-(a_0+a_1)\mu_{2k}t_0}} \varphi_{2k} + \frac{1 - e^{-(a_0+a_1)\mu_{2k}t}}{1 - e^{-(a_0+a_1)\mu_{2k}t_0}} \psi_{2k} \right) w_{2k}(x). \quad (12)$$

қатарлар түрінде анықталады.

**Дәлелдеуі.** Құрылымы бойынша (11) және (12) қатарлардың қосындылары формальды түрде 1-есептің барлық шарттарын қанағаттандырады. Енді осы функциялардың тегістігін зерттеу мәселесі қалады. Ары қарай  $C$  символымен шамасы бізді қызықтырмайтын, оң таңбалы тұрақтыны белгілейміз.

(9)-формуламен берілген  $f_k$  коэффициенттеріне бағалау жасап,  $t_0$  параметрдің  $t_0 \in (0, T]$  мәндерінде

$\frac{1}{1 - e^{-(a_0 \pm a_1)\mu_{2k-t_0}}}$ ,  $\frac{e^{-(a_0 \pm a_1)\mu_{2k-t_0}}}{1 - e^{-(a_0 \pm a_1)\mu_{2k-t_0}}}$  функцияларының шектелгендігінен, (11)-қатар үшін мынаны аламыз

$$|f(x)| \leq C \left( \sum_{k=1}^{\infty} \mu_k |\varphi_k| w_k(x) + \sum_{k=1}^{\infty} \mu_k |\psi_k| w_k(x) \right).$$

Келесі қатарларды жинақтылыққа зерттейміз

$$\sum_{k=1}^{\infty} \mu_k |\psi_k| w_k(x) \quad (13)$$

және

$$\sum_{k=1}^{\infty} \mu_k |\varphi_k| w_k(x). \quad (14)$$

Қатарлар үшін орынды болған Бессель теңсіздігін қолдансақ, келесі бағалауларды аламыз

$$\sum_{k=1}^{\infty} \mu_k |\psi_k| w_k(x) = \sum_{k=1}^{\infty} \mu_k (\sqrt{\mu_k})^{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor + 1} |\psi_k| \frac{|w_k(x)|}{(\sqrt{\mu_k})^{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor + 1}} \leq \sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} \mu_k^{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor + 3} |\psi_k|^2} \sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} \frac{|w_k(x)|^2}{\mu_k^{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor + 1}}},$$

$$\sum_{k=1}^{\infty} \mu_k |\varphi_k| w_k(x) \leq \sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} \mu_k^{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor + 3} |\varphi_k|^2} \sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} \frac{|w_k(x)|^2}{\mu_k^{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor + 1}}}.$$

Теорема шарты бойынша  $\varphi(x)$  және  $\psi(x)$  функциялары 3-лемманың шарттарын  $m = \lfloor n/2 \rfloor + 2$

көрсеткішке сәйкес қанағаттандырады. Олай болса  $\sum_{k=1}^{\infty} \mu_k^{m+1} |\varphi_k|^2$  және  $\sum_{k=1}^{\infty} \mu_k^{m+1} |\psi_k|^2$  сандық

қатарлары жинақты болады. Сонымен қатар, 2 лемманың ұйғарымы бойынша  $\sum_{k=1}^{\infty} \mu_k^{-\lfloor \frac{n}{2} \rfloor + 1} |w_k(x)|^2$

қатары  $\bar{\Omega}$  тұйық облысында бірқалыпты жинақты болады. Бұдан (13) және (14) қатарларының  $\bar{\Omega}$  облысында бірқалыпты жинақталатыны, келіп шығады. Ендеше, (11) теңдігінің оң жағындағы қатар  $\bar{Q}$  тұйық облысында бірқалыпты жинақталады және оның  $f(x)$  қосындысы  $C(\bar{Q})$  класында жатады.

Содан,  $\lambda_{2k-1} = (a_0 - a_1)\mu_{2k-1}$ ,  $\lambda_{2k} = (a_0 + a_1)\mu_{2k}$  және функции  $\frac{e^{-\lambda_k t} - e^{-\lambda_k t_0}}{1 - e^{-\lambda_k t_0}}$ ,  $\frac{1 - e^{-\lambda_k t}}{1 - e^{-\lambda_k t_0}}$  функциялары  $0 \leq t \leq T$  кесіндісінде шектелген, олай болса мына бағалау орынды

$$|u(t, x)| \leq C \left( \sum_{k=1}^{\infty} |\varphi_k| w_k(x) + \sum_{k=1}^{\infty} |\psi_k| w_k(x) \right).$$

Соңғы теңсіздіктің оң жағындағы қатардың  $\bar{\Omega}$  тұйық облыста бірқалыпты жинақталатынын бұған дейін де ескерткенбіз. Бұдан біз  $u(t, x)$  функциясын бейнелейтін (12) функционалдық қатар  $\bar{Q}$  тұйық облыста бірқалыпты жинақталатынын, сондықтан да  $u(t, x) \in C(\bar{Q})$  болатынын аламыз.

Ары қарай,  $u_t(t, x)$  және  $\Delta u(t, x)$  функциялардың тегіс болатынын көрсетейік. (12)-қатарды  $t$  айнымалысы бойынша мүшелеп дифференциалдасақ, мынаны аламыз

$$\frac{\partial u(t, x)}{\partial t} = -(a_0 - a_1) \sum_{k=1}^{\infty} \left( \mu_{2k-1} \frac{e^{-(a_0-a_1)\mu_{2k-1}t}}{1 - e^{-(a_0-a_1)\mu_{2k-1}t_0}} \varphi_{2k-1} + (a_0 - a_1) \mu_{2k-1} \frac{e^{-(a_0-a_1)\mu_{2k-1}t}}{1 - e^{-(a_0-a_1)\mu_{2k-1}t_0}} \psi_{2k-1} \right) w_{2k-1}(x) +$$

$$-(a_0 + a_1) \sum_{k=1}^{\infty} \left( \mu_{2k} \frac{e^{-(a_0+a_1)\mu_{2k}t}}{1 - e^{-(a_0+a_1)\mu_{2k}t_0}} \varphi_{2k} + (a_0 + a_1) \mu_{2k} \frac{e^{-(a_0+a_1)\mu_{2k}t}}{1 - e^{-(a_0+a_1)\mu_{2k}t_0}} \psi_{2k} \right) w_{2k}(x).$$

Бұдан

$$|u_t(t, x)| \leq C \sum_{k=1}^{\infty} (\mu_k |\varphi_k| w_k(x) + \mu_k |\psi_k| w_k(x)).$$

Осы сияқты  $\Delta u(t, x)$  үшін келесі бағалаудың орындалатынын көрсетеміз

$$|\Delta u(t, x)| \leq C \sum_{k=1}^{\infty} (\mu_k |\varphi_k| w_k(x) + \mu_k |\psi_k| w_k(x))$$

Ендеше, жоғарыдағы сияқты тұжырымдай келе, біз мынаны аламыз  $u_t(t, x) \in C(\bar{Q})$ ,  $L_x u(t, x) \in C(\bar{Q})$ . Теорема дәлелденді.

### 3. 1-есепті $g(t) \neq 1$ жағдайында зерттеу.

Енді  $g(t) \neq 1$  болсын және  $u(t, x)$  функциясын 1-есептің шешімі делік. 2-бөлімнің жағдайындағы сияқты келесі функцияны қарастырамыз

$$u_k(t) = \int_{\Omega} u(t, x) w_k(x) dx.$$

Бұл жағдайда  $u_k(t)$  функциясына қатысты мына теңдеуді аламыз

$$u'_k(t) = -\lambda_k u_k(t) + g(t) f_k. \quad (15)$$

Келесі белгілеу енгіземіз

$$g_k(t) = \int_0^t g(\tau) e^{-\lambda_k(t-\tau)} d\tau.$$

Сонда (15) теңдеудің жалпы шешімі  $u_k(t) = C_k e^{-\lambda_k t} + f_k g_k(t)$  функциясы болады. 1-есептің шарттарын қолданып мынаны аламыз

$$\varphi_k = u_k(0) = C_k, \psi_k = u_k(t_0) = \varphi_k e^{-\lambda_k t_0} + f_k g_k(t_0).$$

Егер барлық  $k \geq 1$  үшін  $g_k(t_0) \neq 0$  шарттары орындалса, онда

$$f_k = \frac{1}{g_k(t_0)} [\psi_k - \varphi_k e^{-\lambda_k t_0}] \quad (16)$$

және

$$u_k(t) = \left( e^{-\lambda_k t} - \frac{g_k(t)}{g_k(t_0)} e^{-\lambda_k t_0} \right) \varphi_k + \frac{g_k(t)}{g_k(t_0)} \psi_k. \quad (17)$$

Енді, егер 1-есепте (2) және (4) шарттары біртекті болса, яғни  $\varphi(x) = 0$ ,  $\psi(x) = 0$ , онда 1-есептің шешімі жалғыз болатынын байқаймыз. Ал, егерде кейбір  $t_0 \in (0, T]$  және  $k_0$  үшін  $g_{k_0}(t_0) = 0$  шарттары орындалса, онда 1-есептің шешімі жалғыз болмауы мүмкін. Мысалы, егер  $f_{k_0}$  - кез келген тұрақты, ал

$g_{k_0}(t) = \int_0^t g(\tau) e^{-(a_0+a_1)\mu_{k_0}(t-\tau)} d\tau$  және  $w_{k_0}(x)$  функциясы  $w_{k_0}(Sx) = w_{k_0}(x)$  қасиетіне ие болса, онда бұл жағдайдағы  $u(t, x) = f_{k_0} g_{k_0}(t) w_{k_0}(x)$ ,  $f(x) = f_{k_0} w_{k_0}(x)$  функциялары (1) теңдеуді, (2) және (4) біртекті шарттарын қанағаттандыратын болады.

Осылайша, келесі тұжырым орынды.

**2-Теорема.** Егер 1 есептің шешімі бар болса, ол  $g_k(t_0) \neq 0, k \geq 1$  шарттары орындалғанда ғана жалғыз болады.

**4-Лемма.** Егер  $g(t) \in C[0, T]$  және  $|g(t)| > g_0 = const > 0$  болса, онда барлық  $k \geq 1$  үшін  $g_k(t_0) \geq \frac{C_0}{\mu_k}$

теңсіздігі орындалатындай  $C_0$  тұрақты бар болады.

**5-Лемма.** (16) және (17) теңдіктеріндегі  $f_k$  және  $u_k(t)$  коэффициенттері үшін келесі бағалаулар орынды болады

$$|f|_k \leq C\mu_k [|\varphi_k| + |\psi_k|], \quad (18)$$

$$v_k(t) = C [|\varphi_k| + |\psi_k|], \quad (19)$$

$$|v'_k(t)| \leq C\mu_k [|\varphi_k| + |\psi_k|]. \quad (20)$$

Бұл тұжырымдар [14] жұмыстағы 7 және 8 леммалар сияқты дәлелденеді.  $g(t) \neq 1$  болған жағдайындағы 1-есепке қатысты негізгі нәтижені келтірейік.

**3-Теорема.** Айталық  $a_0 \pm a_1 > 0$ ,  $g(t) \in C[0, T]$  және  $|g(t)| > g_0 = const > 0$ ,  $\varphi(x)$  және  $\psi(x)$  функциялары 3 лемманың шарттарын  $m = [n/2] + 2$  көрсеткішке сәйкес қанағаттандырсын. Сонда 1-есептің шешімі бар, жалғыз болады және келесі қатарлар түрінде анықталады

$$f(x) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{g_{2k-1}(t_0)} [\psi_{2k-1} - \varphi_{2k-1} e^{-(a_0-a_1)\mu_k t_0}] w_{2k-1}(x) + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{g_{2k}(t_0)} [\psi_{2k} - \varphi_{2k} e^{-(a_0+a_1)\mu_k t_0}] w_{2k}(x), \quad (21)$$

$$u(t, x) = \sum_{k=1}^{\infty} \left[ \left( e^{-(a_0-a_1)\mu_{2k-1}t} - \frac{g_{2k-1}(t)}{g_{2k-1}(t_0)} e^{-(a_0-a_1)\mu_{2k-1}t_0} \right) \varphi_{2k-1} + \frac{g_{2k-1}(t)}{g_{2k-1}(t_0)} \psi_{2k-1} \right] w_{2k-1}(x) + \sum_{k=1}^{\infty} \left[ \left( e^{-(a_0-a_1)\mu_{2k}t} - \frac{g_{2k}(t)}{g_{2k}(t_0)} e^{-(a_0-a_1)\mu_{2k}t_0} \right) \varphi_{2k} + \frac{g_{2k}(t)}{g_{2k}(t_0)} \psi_{2k} \right] w_{2k}(x). \quad (22)$$

**Дәлелдеуі.** Құрылымы бойынша (21) және (22) теңдіктеріндегі  $f(x)$  және  $u(t, x)$  функциялар 1-есептің барлық шарттарын формальды түрде қанағаттандырады. (18)-бағалаулардан (21)-қатардың  $\bar{\Omega}$  тұйық облысында бірқалыпты жинақталатыны келіп шығады, олай болса  $f(x) \in C(\bar{\Omega})$ . Осы сияқты, (19)-бағалаулардан (22)-қатардың  $\bar{Q}$  тұйық облысында бірқалыпты жинақты болатыны келіп шығады, сондықтан да бұл қатардың қосындысы, яғни  $u(t, x)$  функциясы  $\bar{Q}$ -да үзіліссіз болады. Егер (22) қатарын  $t$  айнымалысы бойынша мүшелеп дифференциалдасақ, онда  $u_t(t, x)$  үшін (20) бағалауларын аламыз, яғни

$$|u_t(t, x)| \leq C \sum_{k=1}^{\infty} (\mu_k |\varphi_k| w_k(x) + \mu_k |\psi_k| w_k(x)).$$

Соңғы теңсіздіктің оң жақ бөлігіндегі қатар  $\bar{\Omega}$  тұйық облысында бірқалыпты жинақталатын болғандықтан,  $u_t(t, x)$  функциясын бейнелейтін қатар да  $\bar{Q}$  тұйық облысында бірқалыпты жинақталады, сондықтан да  $u_t(t, x) \in C(\bar{Q})$ . Осы сияқты  $Lu(t, x) \in C(\bar{Q})$  қатынасты көрсетуге болады. Теорема дәлелденді.

#### 4. 2-есепті зерттеу.

Енді  $F(t, x) = f(x)g(t)$  және  $f(x)$  берілген функция делік.  $g(t)$  функциясын белгілі деп ұйғарып,  $u(t, x)$  функциясын мына түрде іздейміз

$$u(t, x) = \sum_{k=1}^{\infty} u_k(t) w_k(x), \quad (23)$$

мұндағы  $u_k(t)$  коэффициенттер

$$u_k(t) = \varphi_k e^{-\lambda_k t} + f_k \int_0^t g(\tau) e^{-\lambda_k(t-\tau)} d\tau \quad (24)$$

теңдікпен анықталады. Осы табылған коэффициенттерді (23) теңдіктің оң жағына апарып қоямыз, сонда

$$u(t, x) = \sum_{k=1}^{\infty} \left[ \varphi_k e^{-\lambda_k t} + f_k \int_0^t g(\tau) e^{-\lambda_k(t-\tau)} d\tau \right] w_k(x).$$

Соңғы теңдікте  $x = x_0$  десек, онда (5)-шарттан мынаны аламыз

$$h(t) = u(t, x_0) = \sum_{k=1}^{\infty} \varphi_k e^{-\lambda_k t} w_k(x_0) + \int_0^t \left[ \sum_{k=1}^{\infty} f_k e^{-\lambda_k(t-\tau)} w_k(x_0) \right] g(\tau) d\tau.$$

Осы берілгендерге сәйкес

$$\varphi_0(t) = \sum_{k=1}^{\infty} \varphi_k e^{-\lambda_k t} w_k(x_0), \quad (25)$$

$$K(t, \tau) = \sum_{k=1}^{\infty} f_k e^{-\lambda_k(t-\tau)} w_k(x_0), \quad (26)$$

$\tilde{h}(t) = h(t) - \varphi_0(t)$  белгілеулер енгіземіз. Сонда  $g(t)$  белгісіз функцияға қатысты келесі бірінші текті Вольтердің интегралдық теңдеуін аламыз

$$\int_0^t K(t, \tau) g(\tau) d\tau = \tilde{h}(t). \quad (27)$$

**6-Лемма.** Айталық,  $\varphi(x)$  функциясы 3 лемманың шарттарын  $m = [n/2] + 2$  көрсеткішке сәйкес қанағаттандырсын. Сонда (25)-қатар және оның  $t$  бойынша туындысы  $0 \leq t \leq T$  кесіндісінде бірқалыпты жинақталады.

**Дәлелдеуі.** (25) қатарын жинақтылыққа зерттейміз. Егер  $\varphi(x)$  функциясы  $m = [n/2] + 2$  жағдайындағы 3-лемманың шарттарын қанағаттандыратын болса, онда келесі  $\sum_{k=1}^{\infty} \mu_k^{[n/2]+1} |\varphi_k|^2$  және  $\sum_{k=1}^{\infty} \mu_k^{[n/2]+3} |\varphi_k|^2$  сандық қатарлар жинақты болады. Онда,  $0 \leq t \leq T$  нүктелер үшін мынаны аламыз

$$|\varphi_0(t)| = \left| \sum_{k=1}^{\infty} \varphi_k e^{-\lambda_k t} w_k(x_0) \right| \leq C \sum_{k=1}^{\infty} |\varphi_k| \|w_k(x_0)\| = C \sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} \mu_k^{[n/2]+1} |\varphi_k|^2} \sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} \mu_k^{-([n/2]+1)} |w_k(x_0)|^2} < \infty.$$

Осы сияқты  $\varphi_0'(t)$  туындылары үшін келесіні аламыз

$$|\varphi_0'(t)| = \left| -\sum_{k=1}^{\infty} \varepsilon \mu_k \varphi_k e^{-\varepsilon \mu_k t} w_k(x_0) \right| \leq C \sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} \mu_k^{[n/2]+3} |\varphi_k|^2} \sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} \mu_k^{-([n/2]+1)} |w_k(x_0)|^2} < \infty.$$

Лемма дәлелденді.

Тура осы сияқты келесі тұжырым да дәлелденеді.

**7-Лемма.** Айталық,  $f(x)$  функциясы 3 лемманың шарттарын  $m = [n/2] + 2$  көрсеткішке сәйкес қанағаттандырсын. Сонда (26) қатары және оның  $t$  айнымалысы бойынша туындылары  $0 \leq \tau \leq t \leq T$  кесіндісінде бірқалыпты жинақталады.

Енді 2 есепке қатысты негізгі тұжырымды келтірейік.

**4-Теорема.** Айталық,  $a_0 \pm a_1 > 0$ , функции  $\varphi(x)$  және  $f(x)$  функциялары 3 лемманың шарттарын  $m = [n/2] + 2$  көрсеткішке сәйкес қанағаттандырсын және келесі  $f(x_0) \neq 0$ ,  $h(t) \in C^1[0, T]$ ,  $h(0) = \varphi(x_0)$  шарттар орындалсын. Сонда (27) интегралдық теңдеуінің  $C[0, T]$  класында жататын  $g(t)$  жалғыз шешімі бар болады.

**Дәлелдеуі.** Егер  $\varphi(x)$  және  $f(x)$  функциялары үшін  $m = [n/2] + 2$  жағдайындағы 3-лемманың шарттары орындалатын болса, онда 6-лемманың тұжырымдарына сәйкес,  $\varphi_0(t)$ ,  $K(t, \tau)$  және  $\varphi_0'(t)$ ,  $K_t(t, \tau)$  функциялары сәйкесінше  $0 \leq t \leq T$  және  $0 \leq \tau \leq t \leq T$  кесінділерінде үзіліссіз болады. (27) теңдігін  $t$  айнымалысы бойынша дифференциалдасақ, біз мынаны аламыз

$$K(t, t)g(t) + \int_0^t K_t(t, \tau)g(\tau)d\tau = \tilde{h}'(t). \quad (28)$$

(26) теңдігінде  $\tau = t$  деп есептесек,  $K(t, t)$  мәнін табамыз, яғни

$$K(t, t) = \sum_{k=1}^{\infty} f_k w_k(x_0).$$

Бұдан мынаны аламыз  $K(t, t) = f(x_0) \neq 0$ . Егер  $K_1(t, \tau) = \frac{K_t(t, \tau)}{K(t, t)}$ ,  $h_1(t) = \frac{\tilde{h}'(t)}{K(t, t)}$  деп белгілесек, онда

(28) теңдеуін келесідей

$$g(t) + \int_0^t K_1(t, \tau)g(\tau)d\tau = h_1(t), \quad (29)$$

қайта жазуға болады. Онда  $K_1(t, \tau)$  өзегі және оң жақ бөлігі  $h_1(t)$  үзіліссіз болған екінші текті Вольтердің интегралдық теңдеуін аламыз. Осы берілгендерге сәйкес, Вольтердің екінші текті интегралдық теңдеуінің жалпы теориясы бойынша (29) теңдеуінің шешімі бар, жалғыз болады және ол шешім  $C[0, T]$  класында жатады. Теорема дәлелденді.

**1-Салдар.** Егер 4-теореманың шарттары орындалатын болса, онда 2-есептің шешімі бар, жалғыз болады және де шешім (23) түрінде бейнеленеді. Мұндағы  $u_k(t)$  коэффициенттері (24) теңдігінен анықталады, ал  $g(t)$  - (29) интегралдық теңдеуінің шешімі болады.

Жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғарғы білім министрлігінің Ғылым комитеті № АР09258274 гранты аясында орындалды.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1 Isakov V. (2006) *Inverse problems for partial differential equations*. New-York. Springer, 406 p. DOI:<https://doi.org/10.1007/978-3-319-51658-5>.

2 Kravchenko V.V. (2020) *Direct and Inverse Sturm-Liouville Problems: A Method of Solution*. Berlin. Springer Nature, 154 p. DOI:<https://doi.org/10.1007/978-3-030-47849-0>.

3 Ahmad A., Ali M., Malik S.A. *Inverse Problems for Diffusion Equation with Fractional Dzherbashian-Nersesian Operator // Fractional Calculus and Applied Analysis*. – 2021. – Vol. 24. – P.1899 – 1918. DOI:<https://doi.org/10.1515/fca-2021-0082>.

4 Al-Salti N., Kerbal S., Kirane M. *Initial-boundary value problems for a time-fractional differential equation with involution perturbation// Mathematical Modelling of Natural Phenomena*. – 2019. – Vol. 14, No. 3. – P. 1 – 15. DOI:<https://doi.org/10.1051/mmnp/2019014>.

5 Kirane M., Sadybekov M.A., Sarsenbi A.A. *On an inverse problem of reconstructing a subdiffusion process from nonlocal data// Mathematical Methods in the Applied Sciences*. – 2019. – Vol. 42(6). – P. 2043-2052. DOI:<https://doi.org/10.1002/mma.5498>.

6 Mussirepova E., Sarsenbi A.A., Sarsenbi A.M. *The inverse problem for the heat equation with reflection of the argument and with a complex coefficient// Boundary Value Problems*. – 2022. – Vol. 99(2022). – P. 1 – 13. DOI:<https://doi.org/10.1186/s13661-022-01675-1>.

7 Mussirepova E., Sarsenbi A.A., Sarsenbi A.M. *Solvability of mixed problems for the wave equation with reflection of the argument//Mathematical Methods in the Applied Sciences*. – 2022. – Vol. 45, No.17. – P.11262–11271. DOI:<https://doi.org/10.1002/mma.8448>.

8 Sadybekov M., Dildabek G., Ivanova M. *Direct and inverse problems for nonlocal heat equation with boundary conditions of periodic type// Boundary Value Problems*. – 2022. – Vol. 53(2022). – P. 1 – 24. DOI:<https://doi.org/10.1186/s13661-022-01632-y>.

9 Syzdykova A.M., Shaikhova G.N., Kutum B.B. *Two-dimensional nonlocal nonlinear schrodinger equation based on the ablowitz-muslimani symmetry condition // Абай атындағы ҚазҰПУ-нің ХАБАРШЫСЫ, «Физика-математика ғылымдары» сериясы*. – 2020. –№ 4(72). – P. 63–67. <https://doi.org/10.51889/2020-4.1728-7901.09>.

10. Ashurov R., Muhiddinova O. *Inverse problem of determining the heat source density for the subdiffusion equation// Differential equations*. – 2020. – Vol.56. – P.1550–1563. DOI: <https://doi.org/10.1134/S00122661200120046>

11 Kozhanov A.I., Abulkayirov U.U., Ashurova G.R. *Inverse problems of determining coefficients of time type in a degenerate parabolic equation// Bulletin of the Karaganda University. Mathematics series*. – 2022. –№ 2(106). – P.128 – 142. DOI 10.31489/2022M2/128-142.

12 Kozhanov A.I., Bzheumikhova O.I. *Elliptic and Parabolic Equations with Involution and Degeneration at Higher Derivatives//Mathematics*. – 2022. – Vol.10. – P.1-10. <https://doi.org/10.3390/math10183325>.

13 Pyatkov S.G., Baranchuk V.A. *On some Inverse Parabolic Problems with Pointwise Overdetermination// Journal of Siberian Federal University. Mathematics and Physics*. – 2021. – Vol.14(4). – P.463–474. DOI: 10.17516/1997-1397-2021-14-4-463-474.

14 Sabitov K.B., Zainullov A.R. *Inverse problems for a two-dimensional heat equation with unknown right-hand side// Russian Mathematics*. – 2021. – Vol.65, No.3. – P.75 – 88. DOI: 10.3103/S1066369X21030087.

15 Turmetov B., Karachik V. *On Eigenfunctions and Eigenvalues of a Nonlocal Laplace Operator with Multiple Involution//Symmetry*. – 2021.–Vol.13. – P. 1–20. <https://doi.org/10.3390/sym13101781>.

16 Il'in V.A. *The solvability of mixed problems for hyperbolic and parabolic equations// Russian Mathematical Surveys*. – 1960. – Vol. 15, No.1.– P. 85 – 142. DOI: <https://doi.org/10.1070/RM1960v015n02ABEH004217>.

*Ж.А. Сартабанов*

*Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, г. Актюбе, Казахстан  
\*e-mail: sartabanov42@mail.ru*

## ПЕРИОДИЧНОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК ОПЕРАТОРА ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ ПО ДИАГОНАЛИ

*Аннотация*

В теории многопериодических систем уравнений с оператором  $D$  важное значение имеет необходимое и достаточное условие многопериодичности их решений. Но такое условие представляется в виде систем уравнений в конечных разностях, рассматриваемых в пространстве гладких многопериодических функций. Для решения задач такого характера применение известных методов функционального анализа является проблемным. Главная помеха в данном вопросе – отсутствие периодических характеристик оператора  $D$  в евклидовом пространстве с декартовыми координатами. В данном исследовании приведены основные необходимые свойства периодических характеристик, касающиеся преобразований однопараметрического семейства группы. Основные вопросы досконально изучены для двухмерного случая характеристических систем, а затем распространены на многомерный случай. Для интегрирования многопериодических функций важно рассмотрение разверток винтовых линий на плоскость, которому уделено определенное внимание. Также установлены достаточные условия многопериодичности характеристик более общего оператора дифференцирования по направлениям постоянных векторов.

**Ключевые слова:** оператор дифференцирования, периодическая характеристика, векторное поле, тор, бесконечная цилиндрическая поверхность, винтовые линии.

*Аңдатпа*

*Ж.А. Сартабанов*

*Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., Қазақстан*  
**ДИАГОНАЛ БОЙЫНША ДИФФЕРЕНЦИАЛДАУ ОПЕРАТОРЫНЫҢ  
ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРЫНЫҢ ПЕРИОДТЫЛЫҒЫ**

$D$  операторлы көппериодты тендеулер жүйесінің теориясында олардың шешімдерінің көппериодты болуының қажетті және жеткілікті шарты маңызды. Бірақ бұл шарт жатық көппериодты функциялар кеңістігінде қарастырылатын ақырлы айырымдылық тендеулер жүйесі түрінде беріледі. Осындай сипаттағы есептерді шешу үшін функционалдық талдаудың белгілі әдістерін қолдану күрделірек болып табылады. Бұл сұрақтағы басты кедергі - декарттық координатталы евклид кеңістігінде  $D$  операторының периодты характеристикаларының болмауы. Бұл зерттеуде группаның бір параметрлі үйірінің түрленуіне қатысты болатын, периодты характеристикалардың негізгі қажетті қасиеттері келтірілген. Негізгі сұрақтар характеристикалық жүйелердің екі өлшемді жағдайы үшін мұқият зерттеледі, содан кейін көп өлшемді жағдайға таралады. Көппериодты функцияларды интегралдау үшін, белгілі бір назар аударылған жазықтыққа бұрандалы сызықтардың жазбасын қарастыру маңызды. Сондай-ақ тұрақты векторлардың бағыттары бойынша неғұрлым жалпы дифференциалдау операторының характеристикаларының көппериодтылығының жеткілікті шарттары орнатылады.

**Түйін сөздер:** дифференциалдау операторы, периодты характеристика, векторлық өріс, тор, шексіз цилиндрлік бет, бұрандалы сызықтар.

*Abstract*

## FREQUENCY OF CHARACTERISTICS THE DIAGONAL DIFFERENTIATION OPERATOR

*Sartabanov Zh.A.*

*K. Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan*

In the theory of multiperiodic systems of equations with an operator  $D$ , necessary and sufficient condition for multiperiodicity of their solutions is important. But such condition is represented in the form of systems of equations in finite differences considered in the space of smooth multiperiodic functions. To solve these problems, using well-known methods of functional analysis is problematic. The main obstacle in this matter is the absence of periodic characteristics of operator  $D$  in Euclidean space. This study presents the major necessary properties of periodic characteristics concerning transformations of one-parameter family of group. The main issues are thoroughly studied for two-dimensional case of characteristic systems, and then extended to multidimensional case. For integration of multiperiodic functions, it's important to consider unfolding of helical lines on a plane, which is given some attention. Sufficient conditions for multiperiodicity of characteristics of more general differentiation operator in directions of constant vectors are established.

**Keywords:** differentiation operator, periodic characteristic, vector field, torus, infinite cylindrical surface, helical lines.

## Введение

Известно, что оператор дифференцирования вида

$$D = \frac{\partial}{\partial \tau} + \sum_{j=1}^m \frac{\partial}{\partial t_j}, \quad (\tau, t_1, \dots, t_m) = (\tau, t) \in R \times R^m = R^{1+m} \quad (0.1)$$

в евклидовом пространстве  $R^{1+m}$  не имеет периодических характеристик, определяемых единичными векторными полями. Но можно указать некоторые геометрические образования, где они имеют периодические характеристики.

Дифференциальный оператор вида (0.1) для изучения проблем многомерных колебаний, описываемых уравнениями в частных производных введен в [1] и системы с таким оператором исследованы в [2-8]. Реализация методов Пуанкаре и Ляпунова [9] разработанные для исследования задач периодических дифференциальных систем не увенчалась особыми успехами в теории многопериодических систем с указанным оператором дифференцирования по диагонали. Основная причина в этом было отсутствие периодических характеристик оператора в евклидовом пространстве. Но известно, что характеристические уравнения такого оператора в евклидовом пространстве допускают разрывные периодические решения [10]. В данной заметке обоснованы методами [11, 12], что эти разрывные решения могут быть получены развертками гладких кривых, определенных этими же характеристическими системами, заданными на поверхностях типа многомерного тора или цилиндра. Естественно, что здесь ограничивались изучением свойств периодических характеристик операторов дифференцирования по направлениям постоянных векторов. Заметим, что в случае экспоненциальной дихотомичности рассматриваемых систем с оператором дифференцирования переход от евклидового пространства с декартовыми координатами к цилиндрическим поверхностям не обязателен [1-8, 13-17].

## 1. Единичное векторное поле на окружности

Рассмотрим уравнение

$$\frac{dt}{d\tau} = 1 \quad (1.1)$$

с единичным векторным полем  $v(t) \equiv 1$  при  $\tau \in (-\infty, +\infty) = R$  на окружности  $S$  с радиусом  $r$  длины  $2\pi r = \theta$ , на которой выбрано начало отсчета  $0$  положительное направление обхода, где  $\theta = \text{const} > 0$ .

Каждому числу  $t$  поставим в соответствие точку  $\beta$  окружности  $S$ , отложив от начала отсчета  $0$  дугу длины  $t$  (Рисунок 1).

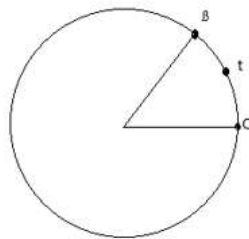


Рисунок 1.

При этом каждому из множества чисел вида  $t + k\theta$  с целым  $k \in Z$  соответствует одна та же точка  $\beta$ . Так как  $v(t + k\theta) \equiv 1 \equiv v(t)$ ,  $k \in Z$ , то можно положить  $v(t) = v(\beta)$ . Если  $t = t(\tau)$  – некоторое, решение уравнения (1.1) на плоскости  $(\tau, t) \in R \times R = R^2$ , то соответствующая точка  $\beta = \beta(\tau)$  движется по окружности  $S$  со скоростью  $\beta(\tau) = 1$ .

Если точка  $\beta(\tau)$  отправится из положения  $\beta^0$  при  $\tau^0$  то через время  $\theta$  она вернется в исходное положение  $\beta^0 = \beta(\tau^0) = \beta(\tau^0 + \theta)$ . Следовательно,  $\beta(\tau)$  периодически зависит от  $\tau$  с периодом  $\theta$ :

$$\beta(\tau + \theta) = \beta(\tau), \quad \tau \in R, \quad \beta \in S \quad (1.2)$$



а решение  $t = t(\tau)$  уравнения (1.1) на плоскости  $(\tau, t) \in R \times R = R^2$  удовлетворяет условию

$$t(\tau + \theta) = t(\tau) + \theta.$$

Таким образом, при  $(\tau, t) \in R \times S$ , согласно (1.2), решение  $t = \beta(\tau)$  уравнения (1.1) представляет собой  $\theta$ -периодическое движение точки, а окружность  $S$  является фазовым пространством уравнения (1.1). Рассмотрение уравнения (1.1) на окружности  $S$  или на евклидовой плоскости  $R^2$  зависит от целесообразности их для решения задач, где уравнение (1.1) играет решающую роль.

Так как решение (1.2) системы (1.1) на окружности  $S$  удовлетворяет условию  $\beta(\tau^0) = t^0$ , то его можно представить в виде  $t = \beta(\tau, \tau^0, t^0)$ , удовлетворяющим условию  $\beta(\tau^0, \tau^0, t^0) = t^0$ . Очевидно, что  $\beta(\tau, \tau^0 + \theta, t^0) = \beta(\tau, \tau^0, t^0)$  и  $\beta(\sigma, \tau^0, \beta(\tau^0, \tau, t)) = \beta(\sigma, \tau, t)$  функцию  $\beta(\tau, \tau^0, t^0)$  называют характеристикой оператора дифференцирования

$$D = \frac{\partial}{\partial \tau} + \frac{\partial}{\partial t}, \tag{1.3}$$

так как она устанавливает связь между операторами  $D$  и  $\frac{d}{d\tau}$  следующего вида

$$Dx(\tau, t)|_{t=\beta(\tau, \tau^0, t^0)} = \frac{d}{d\tau} x(\tau, \beta(\tau, \tau^0, t^0)),$$

где  $x(\tau, t)$  - произвольная дифференцируемая функция переменных  $(\tau, t) \in G \subset R^2$ .

Таким образом установлена теорема 1.

**Теорема 1.** Оператор дифференцирования (1.3) на окружности  $S$  имеет  $\theta$ -периодическую характеристику  $t = \beta(\tau, \tau^0, t^0) = \beta(\tau + \theta, \tau^0, t^0)$ , обладающих свойствами динамических движений.

## 2. Прямое произведение единичных векторных полей на торе

Рассмотрим прямое произведение двух единичных векторных полей

$$\begin{cases} \frac{dt}{d\tau} = 1, \\ \frac{d\sigma}{d\tau} = 1, \end{cases} \tag{2.1}$$

где поля  $v_1(t, \sigma) = 1$  и  $v_2(t, \sigma) = 1$ , соответствующие первому и второму уравнениям являются периодическими с произвольными периодами  $\theta = const: v_j(t + \theta, \sigma) = v_j(t, \sigma + \theta) = v_j(t, \sigma)$ ,  $j = 1, 2$ .

При такой трактовке систему (2.1) разумно рассмотреть на поверхности тора (Рисунок 2).

Теперь каждому числу  $t$  поставим точку  $\beta$  окружности  $S_1$ . Поворотом плоскости  $(x, z)$  на угол  $\sigma$  находим положение  $\beta_2$  точки  $\beta_1$ . Таким образом, точка тора  $T^2$  однозначно определяется двумя циклическими координатами  $(\beta_1, \beta_2) = (\beta_1 + k_1\theta, \beta_2 + k_2\theta)$ .

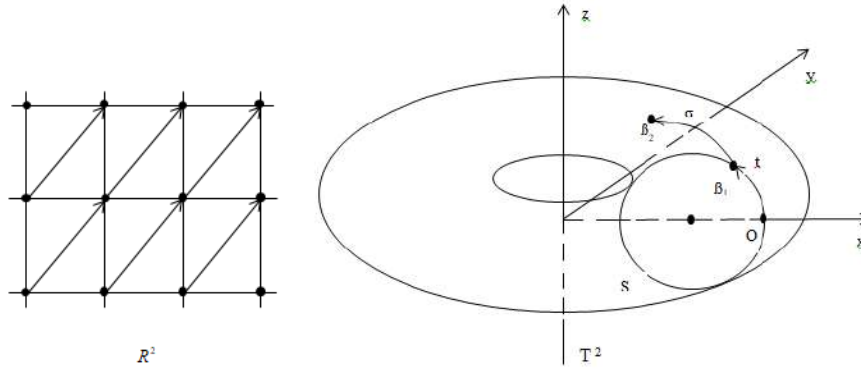


Рисунок 2.

Тор  $T$  такого вида в пространстве  $(x, y, z)$  с прямоугольными координатами имеет уравнения:

$$\begin{aligned} x &= (a + b \cos 2\pi\theta^{-1}t) \cos 2\pi\theta^{-1}\sigma, \\ y &= (a + b \cos 2\pi\theta^{-1}t) \sin 2\pi\theta^{-1}\sigma, \\ z &= b \sin 2\pi\theta^{-1}t \end{aligned}$$

с постоянными  $a = 3r$ ,  $b = r$ . Точка тора  $T^2$  описываются декартовыми координатами  $(t, \sigma)$ , причем две точки  $(t_1, \sigma_1)$  и  $(t_2, \sigma_2)$  идентичны, если  $t_1 - t_2 = k_1\theta$ ,  $\sigma_1 - \sigma_2 = k_2\theta$  с целыми  $k_1, k_2 \in Z$ .

Таким образом, векторные поля  $v_1(t, \sigma) = 1 = v_2(t, \sigma)$  вполне можно рассматривать на поверхности тора:

$$v_j(\beta_1, \beta_2) = v_j(t, \sigma), \quad j = 1, 2.$$

Если  $(t(\tau), \sigma(\tau))$  - некоторое решение системы (2.1), то поставив в соответствие точку  $(\beta_1(\tau), \beta_2(\tau))$  с циклическими координатами имеем движение точки по тору  $T^2$ .

Очевидно, что

$$t(\tau + \theta) = t(\tau) + \theta, \quad \sigma(\tau + \theta) = \sigma(\tau) + \theta. \quad (2.2)$$

Тогда на торе  $T^2$  имеем

$$\beta_j(\tau + \theta) = \beta_j(\tau), \quad j = 1, 2. \quad (2.3)$$

Изображение фазовых траекторий системы (2.1) на поверхности тора  $T^2$  представляет  $u_x$  сферическое свойство вида (2.3), которое связано с периодичностью системы.

Из  $v_1 = v_2$  следует, что

$$\beta_1 = \beta(\tau, \tau^0, t^0), \quad \beta_2 = \beta(\tau, \tau^0, \sigma^0), \quad (2.4)$$

где  $(\tau^0, t^0) \in R \times R$ ,  $\beta(\tau^0, \tau^0, t^0) = t^0$ .

Следовательно, решение (2.3) в силу (2.4) определяется одной периодической функцией.

Очевидно, что из системы (2.1) имеем уравнение

$$\frac{dt}{d\sigma} = 1, \quad (2.5)$$

следовательно, все фазовые кривые уравнения (2.4) замкнутые, так как  $t - t^0 = \sigma - \sigma^0 = \theta$ , то есть,  $t = t^0 + \theta$ ,  $\sigma = \sigma^0 + \theta$  и  $(t, \sigma) = (t^0, \sigma^0) \text{ mod } \theta$ . Это означает, что кривая замыкается после одного оборота по параллели и одного оборота по меридиану. Следовательно, уравнение (2.5) имеет решение  $t = \beta(\sigma, \sigma^0, t^0) = \beta(\sigma + \theta, \sigma^0, t^0)$ .

Также ясно, что плоскость  $R^2$  накрывает тор  $T^2$ , следовательно, замкнутым кривым на торе соответствуют кривые  $y = \varphi(x)$  на плоскости  $R^2$ , обладающие свойством  $(x_0, \varphi(x_0)) = (x_0 + k_1\theta, \varphi(x_0) + k_2\theta)$ . В данном, рассматриваемом случае замкнутым кривым  $t = \beta(\sigma, \sigma^0, t^0)$  соответствуют диагональные отрезки квадратов стороной  $\theta$  (Рисунок 2.).

Теперь введем оператор дифференцирования вида

$$D = \frac{\partial}{\partial \tau} + \frac{\partial}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial \sigma}, \quad (2.6)$$

который можно применить к дифференцируемой функции  $x(\tau, t, \sigma)$ ,  $(\tau, t, \sigma) \in G \subset R^3$ . Очевидно, что имеем

$$Dx(\tau, t, \sigma)|_{\substack{t=\beta(\tau, \tau^0, t^0) \\ \sigma=\beta(\tau, \tau^0, \sigma^0)}} = \frac{d}{d\tau} x(\tau, \beta(\tau, \tau^0, t^0), \beta(\tau, \tau^0, \sigma^0)), \quad (2.7)$$

где  $\frac{d}{d\tau}$  – оператор полной производной по  $\tau$ .

В связи с соотношением (2.7) оператор (2.6) называется оператором дифференцирования по диагонали  $\sigma = t = \tau$ , а вектор-функция

$$\beta(\tau, \tau^0, \beta^0) = (\beta(\tau, \tau^0, t^0), \beta(\tau, \tau^0, \sigma^0)) \quad (2.8)$$

названа характеристикой оператора  $D$ .

Тогда полученные результаты можно привести в виде следующей теоремы.

**Теорема 2.** Оператор дифференцирования (2.6) по диагонали  $\sigma = t = \tau$  на тороидальной поверхности  $T^2$  допускает  $\theta$ -периодические характеристики вида (2.8):

$$\beta(\tau + \theta, \tau^0, \beta^0) = \beta(\tau, \tau^0, \beta^0),$$

обладающих свойствами динамических движений: а)  $\beta(\tau^0, \tau^0, \beta^0) = \beta^0$ , б) непрерывности по совокупности аргументов  $\tau, \tau^0, \beta^0$ , в) группы  $\beta(\sigma, \tau^0, \beta(\tau^0, \tau, t)) = \beta(\sigma, \tau, t)$ .

Доказательство первой части теоремы приведено выше, а свойства а)-в) общеизвестны для динамических систем.

Теорема 2 является обобщением теоремы 1 на двухмерный случай.

### 3. Прямое произведение единичных векторных полей на бесконечной цилиндрической поверхности

Рассмотрим прямое произведение единичных векторных полей

$$\begin{cases} \frac{dt}{d\tau} = 1, \\ \frac{d\sigma}{dt} = 1 \end{cases} \quad (3.1)$$

с векторными полями  $v_1(t, \sigma) = 1 = v_2(t, \sigma)$ , соответствующими уравнениям системы на бесконечной цилиндрической поверхности, параллельной оси  $O\tau$ , заданной

$$\sigma = r + r \cos 2\pi\theta^{-1}\varphi, \quad t = r \sin 2\pi\theta^{-1}\varphi, \quad \tau \in R, \quad \theta = \text{const} > 0. \quad (3.2)$$

Очевидно, что векторные поля  $v_j(t, \sigma) = 1$ ,  $j = 1, 2$  обладают свойством  $\theta$ -периодичности по  $t$  и  $\sigma$ , следовательно, в полной мере можно рассматривать систему (3.1) на цилиндрической поверхности (3.2). Произвольной точке  $K = K(\tau, t, \sigma)$  с декартовыми координатами  $\tau, t, \sigma$  на бесконечной цилиндрической поверхности поставим в соответствие точку  $K' = K'(t, \sigma)$  на фазовой

окружности  $S: (\sigma - r)^2 + t^2 = r^2$ ,  $2\pi r = \theta$ , находящейся на одной образующей ( $K'K$ ) цилиндра. Движение точки  $K$  состоит из суммы двух движений: вращательного движения образующей, на которой находится  $K$  и прямолинейного движения точки  $K$  вдоль образующей (Рисунок 3.).

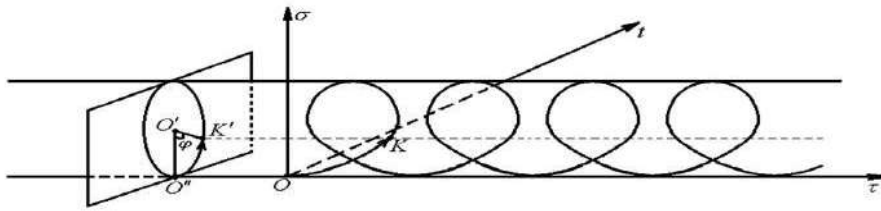


Рисунок 3.

Теперь исследуем интегральную кривую ( $\beta$ ) системы (3.1) исходящую из точки  $(\tau^0, t^0, \sigma^0)$ , которую обозначим в виде

$$t = \beta(\tau, \tau^0, t^0), \quad \sigma = \beta(\tau, \tau^0, \sigma^0), \quad \tau \in R, \quad (3.3)$$

так как  $v_1 = v_2 = l$ , причем будем считать, что она описывает движение точки  $K$  на бесконечной цилиндрической поверхности. Очевидно, что в силу (3.1) переменные  $\tau, t, \sigma$  изменяются с одинаковой скоростью. Следовательно, точка  $K'$  изменяясь в соответствии с точкой  $K$  совершает путь  $\check{O}K'$ , равный сдвигу  $h$  переменной  $\tau$  направо по оси  $O\tau$ . За это время точка  $K$  проходит путь равный длине дуги  $\check{O}K$  интегральной кривой ( $\beta$ ) при  $\tau^0 = 0, t^0 = 0, \sigma^0 = r$ . Так как  $\check{O}K = h$ , то при  $h = \theta$  точка  $K'$  по окружности  $S$  совершив один виток, возвращается в исходное положение, в точку  $O''$ . А точка  $K$  исходя из точки  $(0, 0, r)$  двигаясь по интегральной кривой ( $\beta$ ) приходит к точке  $(\theta, \theta, r + \theta)$ , которая идентична с точкой  $(\theta, 0, r)$ , находящейся на одной образующей цилиндра. Это означает, что шаг  $h = 2\pi r = \theta$  и интегральная кривая ( $\beta$ ) является винтовой спиралью. Следовательно, решение (3.3)  $\theta$ -периодично и имеем

$$\beta(\tau + \theta, \tau^0, t^0) = \beta(\tau, \tau^0, t^0), \quad \tau \in R. \quad (3.4)$$

Здесь заметим, что если  $\beta^*(\tau)$  с условием  $\beta^*(0) = 0$  является периодическим, то решение  $\beta(\tau, \tau^0, t^0) = t^0 + \beta^*(\tau - \tau^0)$  также периодическое, где  $\tau^0$  и  $t^0$  - произвольные постоянные. Следовательно, справедливо соотношение (3.4) для произвольных  $\tau^0$  и  $t^0$ .

Таким образом, движение точки  $K$  совершается вдоль винтовой линии на поверхности бесконечной цилиндрической поверхности.

Разворачивая бесконечную цилиндрическую поверхность на плоскость  $\tau Ot$ , разрезая её вдоль образующую  $O\tau$  имеем развертку винтовой линии (3.3), проходящую через точку  $(0, 0, r)$  в виде графика функции

$$t = \theta\{\theta^{-1}\tau\} \equiv S(\tau), \quad \tau \in R \quad (3.5)$$

$\theta$ -периодической с разрывами в точках  $\tau = k\theta$ ,  $k \in Z$  и недостигающей своего максимума (Рисунок 4). Развертка примечательна тем, что она в силу (3.5), дает важную информацию о периодичности фазовой интегральной кривой на цилиндрической поверхности.

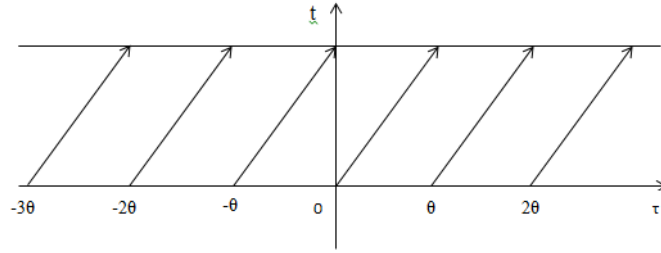


Рисунок 4.

Заметим, что на развертке длины дуг сохраняются. Поскольку дуга окружности  $S$  измеряется центральным углом  $\varphi$ , то заменив  $\varphi$  на равную длину отрезка  $S(\tau)$  вида (3.5) получим уравнения винтовой линии

$$\sigma = r + r \cos 2\pi\theta^{-1}\tau, t = r \sin 2\pi\theta^{-1}\tau, \tau \in R \quad (3.6)$$

с параметром  $\tau \in R$ . Вдоль линии (3.6) совершает свой путь периодическое движение, описываемое системой (3.1).

#### 4. Периодические характеристики в многомерном случае и их основные свойства

В пунктах системы, определяющие характеристики операторов дифференцирования по диагонали рассматривали в случаях окружности  $S$ , шара  $T^2 = S \times S$  и цилиндра  $C = R \times S$ . Теперь рассмотрим случай, который можно назвать многомерным шаром или многомерной цилиндрической поверхностью. Система, определяющая характеристики оператора  $D$  имеет вид

$$\frac{dt}{d\tau} = e \quad (4.1)$$

с  $m$ -мерным вектором  $e = (1, \dots, 1)$ . Следовательно, векторное поле (4.1) является прямым произведением  $m$  единичных векторных полей

$$\frac{dt}{d\tau} = 1, \quad j = \overline{1, m} \quad (4.2)$$

При фиксированном значении  $j$  уравнение (4.2) рассмотрим на окружности  $S$  и согласно теореме 1 определим  $\theta$ -периодическую характеристику

$$t_j = \beta(\tau, \tau^0, t_j^0), \beta(\tau + \theta, \tau^0, t_j^0) = \beta(\tau, \tau^0, t_j^0), \tau \in R \quad (4.3)$$

где  $(\tau^0, t_j^0) \in R \times S$ , причем (4.3) обладает групповыми свойствами а)-в). Здесь  $S$  - окружность с радиусом  $r$  длины  $2\pi r = \theta$  с центром в начале координат плоскости  $\tau O t$ ;

Так как система (4.1) состоит из прямого произведения уравнения (4.2) то и решение  $t = \beta(\tau, \tau^0, t^0)$  её представляется прямым произведением решений (4.3):

$$t = \beta(\tau, \tau^0, t^0) \equiv (\beta(\tau, \tau^0, t_1^0), \dots, \beta(\tau, \tau^0, t_m^0)), \quad (4.4)$$

где  $t^0 = (t_1^0, \dots, t_m^0) \in S \times \dots \times S = S^m, \tau^0 \in R$ .

Относительно обозначения (4.4) заметим, что функция  $\beta(\tau, s, \sigma)$  является скалярной, если скалярная начальная данная  $\sigma$ , а если  $\sigma$  - векторная величина, то  $\beta(\tau, s, \sigma)$  также становится векторной.

Очевидно, что вектор-функция (4.4) подчиняется требованиям, а)-в), поскольку её каждая компонента (4.3) обладает этими групповыми свойствами:

а)  $\beta(\tau, \tau^0, t^0)$  - как преобразование от  $t^0$  при  $\tau = \tau^0$  обращается в тождественное преобразование:

$$\beta(\tau^0, \tau^0, t^0) = t^0; \quad (4.5)$$

б) точку  $t^0 \in S^m$  непрерывно и взаимно однозначно отображает в точку  $t \in S^m$  при непрерывном изменении параметра  $\tau \in R$ , а также  $\tau^0 \in R$

$$t^0 = \beta(\tau^0, \tau, t); \quad (4.6)$$

в) композиция отображений  $\beta(s, \tau^0, t^0)$  и  $\beta(\tau^0, \tau, t)$  одного параметрического семейства остается отображением  $\beta(s, \tau, t)$  этого же семейства:

$$\beta(s, \tau^0, \beta(\tau^0, \tau, t)) = \beta(s, \tau, t) \quad (4.7)$$

Эти свойства не требуют доказательств, поскольку система (4.1) является автономной и групповые свойства а)-в) обязательные для систем такого вида.

К этим свойствам следует присоединить свойства периодичности по  $\tau$  с периодом  $\theta$  :

$$\beta(\tau + \theta, \tau^0, t^0) = \beta(\tau, \tau^0, t^0), \quad \tau \in R \quad (4.8)$$

так как  $\beta(\tau + \theta, \tau^0, t_j^0) = \beta(\tau, \tau^0, t_j^0)$ ,  $j = \overline{1, m}$ .

Из свойств

$$\beta(\tau, \tau^0, t^0) = \beta(\tau - \tau^0, 0, t^0) \quad (4.9)$$

$$\beta(\tau, \tau^0, t^0 + \omega) = \beta(\tau, \tau^0, t^0) + \omega, \quad \omega = const \quad (4.10)$$

которые следуют из свойства единственности решений системы (4.1) при  $\tau = \tau^0$  получим следствие свойств (4.8)-(4.10) при  $(\tau, t) \in R \times S^m$  вида

$$\beta(\tau, \tau^0 + \theta, t^0) = \beta(\tau, \tau^0, t^0) \quad (4.11)$$

$$\beta(\tau, \tau^0, t^0 + \theta) = \beta(\tau, \tau^0, t^0). \quad (4.12)$$

Таким образом, в силу (4.8), (4.11) и (4.12) для  $t = \beta(\tau, \tau^0, t^0)$  имеем

$$\beta(\tau + \theta, \tau^0, t^0) = \beta(\tau, \tau^0 + \theta, t^0) = \beta(\tau, \tau^0, t^0 + \theta e) = \beta(\tau, \tau^0, t^0). \quad (4.13)$$

В силу дифференцирования гладкой функции  $x(\tau, t) \in G \subset R \times R^m$  в силу системы (4.1) имеем

$$Dx(\tau, t) \Big|_{t=\beta(\tau, \tau^0, t^0)} = \frac{d}{d\tau} x(\tau, \beta(\tau, \tau^0, t^0)). \quad (4.14)$$

Свойство (4.14) является определяющим для понятия характеристики оператора  $D$ , заданного в виде (0.1).

В итоге проведенного изучения можно сформулировать следующую теорему.

**Теорема 3.** При  $(\tau, t) \in R \times S^m$  характеристики  $t = \beta(\tau, \tau^0, t^0)$  оператора дифференцирования по диагонали  $D$  обладает свойствами  $\theta$ -периодичности (4.13) и однопараметрической группы преобразований (4.5)-(4.7).

Многообразие  $M = R \times S^m$  является многомерной цилиндрической поверхностью поскольку  $t_j$  изменяется на окружности, а  $\tau$  принадлежит  $R$ . Следовательно, теорема 3 является обобщением теоремы 1 и 2.

### 5. Развертки винтовых линий и их применения

Если кривая и поверхностные области не пересекают линии разрыва, то при разворачивании цилиндра по образующим длины дуг и площади поверхности, а также свойство гладкости кривых сохраняются. В случае пересечения кривых с линией разреза, естественно, на развертке кривые становятся разрывными. Например, выше мы видели, что винтовая линия (3.3) на разрыве переходит в разрывную кривую (3.5) плоскости  $(\tau, t) \in R \times R$ .

Следовательно, развертку

$$t = \theta \left\{ \theta^{-1} \tau \right\} \equiv S^*(\tau), \tau \in R \quad (5.1)$$

можно использовать для нахождения длины дуг соответствующей винтовой линии

$$\sigma = \beta(\tau, 0, 0), \quad t = \beta(\tau, 0, 0), \quad \tau \in R. \quad (5.2)$$

Наша цель заключается в использовании развертки вида (5.1) винтовой линии (5.2) в решении задач для систем уравнений с оператором  $D$  в евклидовом пространстве.

В связи с этим проведем несколько расширенное изучение функции (5.1).

1°. Очевидно, что функция (5.1) дифференцируема в обобщенном смысле

$$\frac{dS^*}{d\tau} = 1 - \sum_{k \in \mathbb{Z}} \delta(\tau - k\theta), \quad (5.3)$$

где  $\delta(x)$  - дельта функция Дирака. Выражение (5.3) информирует то, что функция  $S(t)$  производную  $\dot{S}^*(\tau)$ , равную 1 при  $\tau \neq k\theta$ , а при  $\tau = k\theta$  функция терпит разрыв со скачком  $b = -1$  и она не имеет производных в этих точках. Но, так как  $\dot{S}^*(\tau - k\theta) - \dot{S}^*(\tau + k\theta) = 1$ , то приняв  $\dot{S}^*(k\theta) = 1$  соотношение (5.3) представим в виде

$$\dot{S}^*(\tau) = 1, \quad \tau \in R. \quad (5.4)$$

Такое доопределение соответствует и случаю, когда из развертки переходим к цилиндрической поверхности.

2°. На основе (5.4) заключаем что скалярное уравнение

$$\frac{dt}{d\tau} = 1. \quad (5.5)$$

с начальным условием

$$t|_{\tau=\tau^0} = t^0 \quad (5.6)$$

в пространстве  $H$   $\theta$ -периодических обобщенно гладких функций  $h(\tau)$  однозначно разрешимо, причем

$$t = t^0 + S^*(\tau - \tau^0) \equiv S(\tau, \tau^0, t^0), \quad (5.7)$$

$$S(\tau + \theta, \tau^0, t^0) - S(\tau, \tau^0 + \theta, t^0) = S(\tau, \tau^0, t^0).$$

3°. Известно [10], что решение (5.7) задачи (5.5)-(5.6), описывает однопараметрическое семейство динамических движений. Следовательно, оператор  $t = S(\tau, \tau^0, t^0)$  а) при  $\tau = \tau^0$  обращается в тождественный оператор, б) он обратим, то есть имеем  $t^0 = S(\tau^0, \tau, t)$  и в) обладает свойством группы:  $S(\sigma, \tau^0, S(\tau^0, \tau, t)) = S(\sigma, \tau, t)$ .

Данные свойства а)-в) следуют из того что уравнение (5.5) является автономным.

4°. Если  $h(\tau, t)$  непрерывно дифференцируемая функция, а  $D$  оператор дифференцирования по диагонали  $t = \tau$

$$D = \frac{\partial}{\partial \tau} + \frac{\partial}{\partial t}, \quad (5.8)$$

то имеет место следующие тождество

$$Dh(\tau, t)|_{t=S(\tau, \tau^0, t^0)} = \frac{d}{d\tau} h(\tau, S(\tau, \tau^0, t^0)). \quad (5.9)$$

Очевидно, что  $t = S(\tau, \tau^0, t^0)$  представляет функцию  $t \cdot \beta(\tau, \tau^0, t^0)$  в случае развертки.

Тождество (5.9) является следствием соотношений (5.5)-(5.8).

В связи с тождеством (5.9) функцию (5.7) можно назвать  $\theta$ -периодической характеристикой оператора (5.8) и оно открывает путь к решению задач для уравнений с оператором  $D$  на евклидовой плоскости  $(\tau, t) \in R^2$ .

Таким образом обоснована следующая лемма.

**Лемма 1.** Оператор дифференцирования по диагонали (5.8) имеет  $\theta$ -периодические характеристики вида (5.7), обладающие динамическими свойствами а)-в).

Теперь следует распространить лемму 1 на многомерный случай.

С этой целью положим  $t = (t_1, \dots, t_m)$  и рассмотрим векторное уравнение

$$\frac{dt}{d\tau} = e \quad (5.10)$$

с правой частью  $e = (1, \dots, 1)$ . Следовательно, (5.10) в скалярной форме представим в виде системы

$$\frac{dt_j}{d\tau} = 1, \quad j = \overline{1, m} \quad (5.11)$$

которая, согласно лемме, имеет периодическое решение (5.7)

$$t_j = S(\tau, \tau^0, t_j^0), \quad j = \overline{1, m}. \quad (5.12)$$

Тогда так как (5.10) является прямым произведением (5.11), то и решение его  $t$  выражается в виде прямого произведения (5.12):

$$\begin{aligned} t &= (S(\tau, \tau^0, t_1), \dots, S(\tau, \tau^0, t_m^0)) \equiv S(\tau, \tau^0, t^0), \\ S &= (\tau + \theta, \tau^0, t^0) = S(\tau, \tau^0 + \theta, t) = S(\tau, \tau^0, t), \end{aligned} \quad (5.13)$$

где обозначение  $S(\sigma, \tau, t)$  обозначает произведение, которое становится скалярным или векторным в зависимости от того, что  $t$  представляет собой скалярную или векторную величину.

Соответственно с соотношениями (5.5), (5.8) и (5.9) получим

$$\frac{dS(\tau, \tau^0, t^0)}{d\tau} = e, \quad (5.14)$$

$$S(\tau^0, \tau^0, t^0) = t^0, \quad S(\tau^0, \tau, t) = t^0, \quad S(\sigma, \tau^0, S(\tau^0, \tau, t)) = S(\sigma, \tau, t), \quad (5.15)$$

$$Dx(\tau, t)|_{t=S(\tau, \tau^0, t^0)} = \frac{d}{d\tau} x(\tau, S(\tau, \tau^0, t^0)), \quad (5.16)$$

где  $x(\tau, t)$  - произвольная гладкая функция, а  $D$  - оператор дифференцирования по диагонали вида



$$D = \frac{\partial}{\partial \tau} + \sum_{j=1}^m \frac{\partial}{\partial t_j} \equiv \frac{\partial}{\partial \tau} + \left\langle e, \frac{\partial}{\partial t} \right\rangle \quad (5.17)$$

выраженный знаком  $\langle, \rangle$ -векторного произведения векторов  $e = (1, \dots, 1)$  и  $\frac{\partial}{\partial t} = \left( \frac{\partial}{\partial t_1}, \dots, \frac{\partial}{\partial t_m} \right)$ .

**Теорема 4.** Оператор дифференцирования (5.17) имеет  $\theta$ -периодические характеристики (5.13), обладающие свойствами (5.14)-(5.16).

Если через  $P_{k\theta}$  обозначим полосы плоскости  $(\tau, t_j) \in R \times R = R^2$ , заключенные между линиями  $t_j = k\theta$  и  $t_j = (k+1)\theta$ , то объединив эти полосы получим плоскость  $R^2: \bigcup_k P_{k\theta} = R^2$ . Поэтому приведенные выше рассуждения можно распространить на плоскость  $R^2$ , следовательно, на пространство  $R \times R^m = R^{m+1}$  в многомерном случае.

В дальнейшем рассматриваются системы с оператором  $D$ , когда они обладают свойством  $\omega = (\omega_1, \dots, \omega_m)$ -периодичности по  $t = (t_1, \dots, t_m)$ . Следовательно, все рассуждения оставались справедливыми на цилиндрической поверхности для этих систем, следует считать, что  $\theta = \max\{\omega_0 = \theta, \omega_1, \dots, \omega_m\}$ .

Также заметим, что переход от цилиндрической поверхности к ее развертке позволяет провести вычислительную работу или преобразовывать систему в привычном в евклидовом пространстве.

## 6. Периодические характеристики операторов дифференцирования по направлениям постоянных векторов

Оператор дифференцирования по  $\tau \in (-\infty; +\infty) = R$  и  $t = (t_1, \dots, t_m) \in R \times \dots \times R = R^m$  вида

$$D_c = \frac{\partial}{\partial \tau} + \left\langle c, \frac{\partial}{\partial t} \right\rangle \quad (6.1)$$

назовем оператором дифференцирования по направлению вектора  $c = (c_1, \dots, c_m)$ , где  $c_1, \dots, c_m$  - произвольные действительные постоянные,  $\langle, \rangle$  - знак скалярного произведения,  $\frac{\partial}{\partial t} = \left( \frac{\partial}{\partial t_1}, \dots, \frac{\partial}{\partial t_m} \right)$  -

векторный оператор дифференцирования.

Операторы вида (6.1) находят широкое применение в теории многомерных колебаний.

Векторное поле

$$\frac{dt}{d\tau} = c \quad (6.2)$$

называется характеристическим уравнением оператора (6.1).

Уравнение (6.2) достаточно простое, поэтому его можно рассматривать на различных многообразиях и в зависимости от видов многообразий его решения могут обладать различными качественными свойствами.

Для изучения уравнения (6.2) представим его в виде системы скалярных уравнений

$$\frac{dt_j}{d\tau} = c_j, \quad j = \overline{1, m} \quad (6.3)$$

Очевидно, что векторное поле (6.2) состоит из прямого произведения  $m$  скалярных полей вида (6.3). Следовательно, решение  $t = \beta(\tau, \tau^0, t^0)$  системы (6.2) состоит из прямого произведения решений уравнений системы (6.3).

Нас интересует вопрос о  $\theta$ -периодических решениях системы вида (6.2), а следовательно, (6.3).

Чтобы решить этот вопрос рассмотрим скалярное уравнение (6.3) с фиксированным номером  $j$ .

Предположим, что правая часть  $v(t_j)$   $\theta_j$ -периодической по  $t_j$ :  $v(t_j + \theta_j) = v(t_j) \equiv c_j$ .

Решение  $t_j = t_j^0 + c_j(\tau - \tau^0)$  уравнения (6.3) евклидовом пространстве в  $\theta$ -периодическим по  $\tau$  случае должны удовлетворять условию

$$t_j^0 + c_j(\tau + \theta - \tau^0) = t_j^0 + c_j(\tau - \tau^0).$$

Отсюда получим необходимое условие периодичности решения с периодом  $\theta$  в виде

$$c_j \theta = k \theta_j, \quad k \in Z. \quad (6.4)$$

Это условие (6.4) имеет место при рациональном

$$c_j = \frac{p_j}{q_j}, \quad (6.5)$$

$q_j = N$  - множество натуральных чисел,  $p_j \in Z$  - множество целых чисел. Тогда условие периодичности решения записывается в виде

$$p_j \theta = q_j k \theta_j, \quad p_j \in Z, \quad \tilde{q}_j = q_j k \in Z.$$

Из этих соотношений при  $\theta_j = \theta$  видно, что условие существования периода выполнимо, но на плоскости  $R^2$  решение

$$t = t^0 + c_j(\tau - \tau^0) \equiv \delta_j(\tau, \tau^0, t_j^0) \quad (6.6)$$

не обладает этим свойством, так как

$$\delta_j(\tau + \theta, \tau^0, t_j^0) = \delta_j(\tau, \tau^0, t_j^0) + c_j \theta \equiv \delta_j(\tau, \tau^0, t_j^0) + k \theta_j, \quad k \in Z.$$

Отсюда возникает задача об определении многообразия  $M$ , где реализуется периодичность решения (6.6) системы (6.3) при условии (6.5).

Согласно связи векторного уравнения (6.2) и системы (6.3) имеем решение

$$\delta(\tau, \tau^0, t_j^0) = (\delta(\tau, \tau^0, t_1^0), \dots, \delta(\tau, \tau^0, t_m^0))$$

системы (6.2).

Чтобы решить этот вопрос в качестве многообразия  $M$  выберем цилиндрическую поверхность  $\Pi = R \times S^m$ , рассмотренную в пункте 4.

Тогда сформулируем нижеследующую теорему.

**Теорема 5.** Система (6.2) при условии (6.5) на цилиндрической поверхности  $M = R \times S^m$  определяет  $\theta$ -периодические характеристики  $\beta(\tau, \tau^0, t^0)$  оператора (6.1), обладающие свойствами динамических движений: а) тождественности  $\beta(\tau^0, \tau^0, t^0) = t^0$ , б) обратимости  $t^0 = \beta(\tau^0, \tau, t)$  и в) группы  $\beta(\sigma, \tau^0, \beta(\tau^0, \tau, t)) = \beta(\sigma, \tau, t)$ .

**Благодарность.** Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, грант №AP 19676629.

Список использованной литературы:

- 1 Харасахал В.Х. Почти периодические решения обыкновенных дифференциальных уравнений. – Алма-Ата: Наука, 1970. – 200 с.
- 2 Умбетжанов Д.У. Почти многопериодические решения дифференциальных уравнений в частных производных. - Алма-Ата: Наука, 1979. – 210 с.
- 3 Умбетжанов Д.У. Почти периодические решения эволюционных уравнений. -Алма-Ата: Наука, 1990. – 184 с.
- 4 Умбетжанов Д.У., Сартабанов Ж.А. О необходимом и достаточном условии многопериодичности решения одной системы уравнений в частных производных с одинаковой главной частью // В книге: Математика и механика. Алма-Ата: КазГУ, 1972, VII часть II, с.22-27.
- 5 Сартабанов Ж.А. Периодты функциялар және кейбір қарапайым дифференциалдық теңдеулердің периодты шешімдері. – Алматы: РБК, 2001. –108 б.
- 6 Сартабанов Ж.А. Об одном способе изучения периодических решений уравнений в частных производных специального вида // Изв. АН КазССР. Серия физ.-мат., 1989, №1, с. 42-48.
- 7 Мухамбетова А.А., Сартабанов Ж.А. Устойчивость решений систем дифференциальных уравнений. Актобе: ПринтА, 2007. – 168 с.
- 8 Кульжумиева А.А., Сартабанов Ж.А. Периодические решения системы дифференциальных уравнений с многомерным временем. – Уральск: РИЦ ЗКГУ, 2013. – 152 с.
- 9 Малкин И.Г. Методы Ляпунова и Пуанкаре в теории нелинейных колебаний. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 248 с.
- 10 Андронов А.А., Вит А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. - М.: Наука, 1981. – 568 с.
- 11 Понтрягин Л.С. Обыкновенные дифференциальные уравнения. – М.: Наука, 1965. – 332 с.
- 12 Арнольд В.И. Дополнительные главы теории обыкновенных дифференциальных уравнений. – М.: Наука, 1978. – 304 с.
- 13 Sartabanov Zh.A., Omarova B.Zh. Multiperiodic solutions of autonomous systems with operator of differentiation on the Lyapunov's vector field // AIP Conference Proceedings, 2018, 1997, 020041. DOI: 10.1063/1.5049035.
- 14 Omarova B.Zh., Sartabanov Zh.A. On multiperiodic solutions of perturbed nonlinear autonomous systems with the differentiation operator on a vector field // Eurasian Mathematical Journal, 2021, Vol. 12, №1, P. 68-81. DOI: 10.32523/2077-9879-2021-12-1-68-81.
- 15 Zhmagazyev A.Kh., Sartabanov Zh.A., Sultanaev Ya.T. On a new method for investigation of multiperiodic solutions of quasilinear strictly hyperbolic system // Azerbaijan Journal of Mathematics, 2022, Vol. 12, №1, P. 32-48. WOS: 000824351800003.
- 16 Sartabanov Z.A., Aitenova G.M., Abdikalikova G.A. Multiperiodic solutions of quasilinear systems of integro-differential equations with Dc-operator and  $\epsilon$ -period of heredity // Eurasian Mathematical Journal, 2022, Vol. 13, №1, P. 86–100. DOI: 10.32523/2077-9879-2022-13-1-86-100.
- 17 Sartabanov Z.A., Aitenova G.M., Abdikalikova G.A. Многопериодическое решение начально-краевой задачи для интегро-дифференциального уравнения параболического типа. // Изв. вузов. Матем., 2022, № 8, С. 56–68. DOI: 10.26907/0021-3446-2022-8-56-68.

References:

- 1 Kharasakhal, V.Kh. (1970). Pochti periodicheskie resheniia obyknovennykh differentsialnykh uravnenii [Almost periodic solutions of ordinary differential equations]. Alma-Ata: Nauka. 200. (in Russian).
- 2 Umbetzhonov, D.U. (1979). Pochti mnogoperiodicheskie reshenija differentsial'nykh uravnenij v chastnykh proizvodnykh [Almost multiperiodic solutions of partial differential equations]. Alma-Ata: Nauka. 210. (in Russian).
- 3 Umbetzhonov, D.U. (1990). Pochti periodicheskie resheniia evoliutsionnykh uravnenii [Almost periodic solutions of evolutionary equations]. Alma-Ata: Nauka. 184. (in Russian).
- 4 Umbetzhonov, D.U., Sartabanov, Zh.A. (1972) O neobhodimom i dostatochnom uslovii mnogoperiodichnosti reshenija odnoj sistemy uravnenij v chastnykh proizvodnykh s odinakovoj glavnoj chast'ju [On the necessary and sufficient condition for the multiperiodicity of solving one system of partial differential equations with the same principal part]. Mathematics and mechanics. Alma-Ata: KazGU, 1972, 22-27. (in Russian).
- 5 Sartabanov, Zh.A.(2001). Periody funktsijalar zhane kejbir qarapajym differentsialdyk teңdeulerdiң periodty sheshimderi [Periodic functions and periodic solutions of some elementary differential equations] . – Alma-Ata: RBK. 108. (in Kazakh).
- 6 Sartabanov, Zh.A.(1989). Ob odnom spososbe izuchenija periodicheskikh reshenij uravnenij v chastnykh proizvodnykh special'nogo vida [On one method of studying periodic solutions of partial differential equations of a special kind]. Izv. AN KazSSR. Serija fiz.-mat., №1, 42-48. (in Russian).
- 7 Mukhambetova A.A., Sartabanov, Zh.A.(2007). Ustojchivost' reshenij sistem differentsial'nykh uravnenij [Stability of solutions of systems of differential equations]. Aktobe: Print A. 168. (in Russian).
- 8 Kulzhumieva A.A., Sartabanov, Zh.A.(2013). Periodicheskie reshenija sistemy differentsial'nykh uravnenij s mnogomernym vremenem [Periodic solutions of a system of differential equations with multidimensional time]. Ural'sk: RIC ZKGU. 152. (in Russian).

9 Malkin I.G. (2004). *Metody Ljapunova i Puankare v teorii nelinejnyh kolebanij* [Lyapunov and Poincare methods in the theory of nonlinear oscillations]. M: Editorial URSS. 248. (in Russian).

10 Andronov A.A., Witt A.A., Haikin S.E. (1981). *Teorija kolebanij* [The theory of oscillations]. M.: Nauka. 568. (in Russian).

11 Pontryagin L.S. (1965). *Obyknovennye differencial'nye uravnenija* [Ordinary differential equations]. M.: Nauka. 332. (in Russian).

12 Arnold V.I. (1978). *Dopolnitel'nye glavy teorii obyknovennyh differencial'nyh uravnenij* [Additional chapters of the theory of ordinary differential equations]. M.: Nauka. 304. (in Russian).

13 Sartabanov Zh.A., Omarova B.Zh. (2018). Multiperiodic solutions of autonomous systems with operator of differentiation on the Lyapunov's vector field. *AIP Conference Proceedings*, 1997, 020041. DOI: 10.1063/1.5049035.

14 Omarova B.Zh., Sartabanov Zh.A. (2021). On multiperiodic solutions of perturbed nonlinear autonomous systems with the differentiation operator on a vector field. *Eurasian Mathematical Journal*, №1(12), 68-81. DOI: 10.32523/2077-9879-2021-12-1-68-81.

15 Zhumagaziyev A.Kh., Sartabanov Zh.A., Sultanaev Ya.T. (2022). On a new method for investigation of multiperiodic solutions of quasilinear strictly hyperbolic system. *Azerbaijan Journal of Mathematics*, №1(12), 32-48. WOS: 000824351800003.

16 Sartabanov Z.A., Aitenova G.M., Abdikalikova G.A. (2022). Multiperiodic solutions of quasilinear systems of integro-differential equations with Dc-operator and  $\epsilon$ -period of heredity. *Eurasian Mathematical Journal*, №1(13), 86–100. DOI: 10.32523/2077-9879-2022-13-1-86-100.

17 Sartabanov Z.A., Aitenova G.M., Abdikalikova G.A. (2022). *Mnogoperiodicheskoe reshenie nachal'no-kraevoj zadachi dlja integro-differencial'nogo uravnenija parabolicheskogo tip* [Multiperiodic solution of the initial boundary value problem for an integro-differential equation of parabolic type]. *Izv. vuzov. Matem.*, № 8, 56–68. DOI: 10.26907/0021-3446-2022-8-56-68. (in Russian).

**ЕСЕПТЕУ МАТЕМАТИКАСЫ ЖӘНЕ МАТЕМАТИКАЛЫҚ MODELЬДЕУ**  
**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**  
**COMPUTER MATHEMATICS AND MATHEMATICAL MODELING**

МРНТИ 27.41, 30.17  
УДК 519.6, 532.5

10.51889/2959-5894.2023.82.2.006

*Д.Ә. Болысбек<sup>1,2</sup>, Б.К. Асилбеков<sup>1,3</sup>, А.Б. Кульджабеков<sup>1,4</sup>*

*<sup>1</sup>Сәтбаев Университет, г. Алматы, Қазақстан*

*<sup>2</sup>Қазақстанның ұлттық университеті атындағы аль-Фараби, г. Алматы, Қазақстан*

*<sup>3</sup>Университет Кюсю, Фукуока, Жапония*

*<sup>4</sup>Назарбаев Университеті, г. Астана, Қазақстан*

*\*e-mail: assilbekov.b@gmail.com*

**ЧИСЛЕННОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСТВОРЕНИЯ ПОРОДЫ НА ПОРОВУЮ СТРУКТУРУ  
КАРБОНАТНЫХ ОБРАЗЦОВ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ**

*Аннотация*

В статье изучается изменение поровой структуры карбонатных образцов, состоящие практически полностью из кальцита, в результате растворения. С этой целью были отобраны 8 кубических мини-образцов (№1-8) из 4 цилиндрических карбонатных образцов (I, II, III и IV), которые были испытаны во время лабораторных экспериментов по закачке 12% и 18% растворов соляной кислоты. Кислотные растворы закачивались с расходом 4 и 8 мл/мин, соответственно. Поровая структура мини-образцов получена с помощью программного пакета Avizo на основе двумерных снимков с рентгеновской томографии с разрешением ~19 мкм. Характеристики мини-образцов были рассчитаны путем поромасштабного моделирования течения воды. Существенное изменение в поровой структуре произошло в мини-образце №3 с низкой начальной пористостью (8,7%) для которого прирост проницаемости составил 65 раз над ее начальным значением. Было выявлено, что у мини-образцов №1, 3 и 4, для которых средние радиусы пор и горловин увеличились на более чем 10%, произошел значительный прирост проницаемости (2,5-65 раз). Наоборот, изменения в средних радиусах пор и горловин мини-образца №2 на ~3% привели к росту его проницаемости всего на 25%. Растворение породы значительно повлияло на распределение пор по размерам. Результаты данного исследования могут быть полезны для оценки прироста проницаемости пласта при стимулировании притока нефти к скважине путем закачки кислотных растворов и вместительной и транспортной способности пластов карбонатных пород при закачке CO<sub>2</sub>.

**Ключевые слова:** растворение породы, поромасштабное моделирование, микрокомпьютерная томография, мини-образец, карбонатная порода.

*Аңдатпа*

*Болысбек Д.Ә.<sup>1,2</sup>, Асилбеков Б.К.<sup>1,3</sup>, Кульджабеков А.Б.<sup>1,4</sup>*

*<sup>1</sup>Сәтбаев Университеті, Алматы қ., Қазақстан*

*<sup>2</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан*

*<sup>3</sup>Кюсю университеті, Фукуока, Жапония*

*<sup>4</sup>Назарбаев Университеті, Астана қ., Қазақстан*

**ТАУ ЖЫНЫСЫ ЕРУІНІҢ КАРБОНАТТЫ ҮЛГІЛЕРДІҢ КЕУЕК ҚҰРЫЛЫМЫНА ӘСЕРІН  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛДЫҚ МӘЛІМЕТТЕР НЕГІЗІНДЕ САНДЫҚ ЗЕРТТЕУ**

Мақалада толығымен дерлік кальциттен тұратын карбонат үлгілерінің еруі нәтижесінде олардың кеуек құрылымының өзгеруі зерттеледі. Осы мақсатта 12% және 18% тұз қышқылы ерітінділерін айдау бойынша зертханалық тәжірибелер кезінде сыналған 4 (I, II, III және IV) цилиндрлік карбонатты үлгілерден 8 текше тәріздес шағын үлгілер (№1-8) таңдалды. Қышқыл ерітінділері сәйкесінше 4 және 8 мл/мин ағын жылдамдығымен айдалды. Шағын үлгілердің кеуек құрылымы, дәлдігі ~19 мкм болатын рентгендік томографиялық кескіндер негізінде Avizo бағдарламалық пакетін пайдалану арқылы алынды. Шағын үлгілердің сипаттамалары су ағынын кеуекті масштабта модельдеу арқылы есептелді. Кеуек құрылымындағы елеулі өзгеріс бастапқы кеуектілігі төмен (8,7%) болатын №3 шағын үлгіде орын алды, ал оның өткізгіштігі бастапқы мәніне

қарағанда 65 есеге артты. Орташа кеуек және жұтқыншақ радиустары 10%-дан астам ұлғаюы байқалған №1, 3 және 4 шағын үлгілерде өткізгіштіктің айтарлықтай жоғарылағаны (2,5-65 есе) байқалды. Керісінше, №2 шағын үлгінің орташа кеуек мен жұтқыншақ радиустарының ~3% өзгеруі оның өткізгіштігінің 25%-ға ғана артуына әкелді. Тау жыныстарының еруі кеуек өлшемінің таралуына айтарлықтай әсер етті. Бұл зерттеудің нәтижелері қышқыл ерітінділерін айдау арқылы ұңғымаға мұнай ағынын ынталандыру кезінде қабаттың өткізгіштігінің жоғарылауын және CO<sub>2</sub> айдау кезінде карбонатты жыныс қабаттарының сыйымдылығы мен тасымалдау қабілетін бағалау үшін пайдалы болуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** тау жынысының еруі, кеуекті масштабта модельдеу, микрокомпьютерлік томография, шағын үлгілер, карбонатты тау жынысы.

#### Abstract

### NUMERICAL STUDY OF THE EFFECT OF ROCK DISSOLUTION ON THE PORE STRUCTURE OF CARBONATE SAMPLES BASED ON EXPERIMENTAL DATA

*Bolysbek D.A.<sup>1,2</sup>, Assilbekov B.K.<sup>1,3</sup>, Kuldjabekov A.B.<sup>1,4</sup>*

<sup>1</sup>*Satbayev University, Almaty, Kazakhstan*

<sup>2</sup>*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

<sup>3</sup>*Kyushu University, Fukuoka, Japan*

<sup>4</sup>*Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan*

The article studies the change in the pore structure of carbonate samples, consisting almost entirely of calcite, as a result of dissolution. For this purpose, 8 cubic sub-samples (#1-8) were selected from 4 cylindrical carbonate samples (I, II, III and IV), which were tested during laboratory experiments on pumping 12% and 18% hydrochloric acid solutions. Acid solutions were pumped at a flow rate of 4 and 8 ml/min, respectively. The pore structure of sub-samples was obtained using the Avizo software based on 2D X-Ray tomography images with a resolution of ~19 μm. The characteristics of sub-samples were calculated by pore-scale simulation of water flow. A significant change in the pore structure indicated in sub-sample #3 with low initial porosity (8.7%) for which permeability increased 65 times its initial value. It was found that in sub-samples #1, 3 and 4, for which the mean pore and throat radii increased by more than 10%, there was a significant increase in permeability (2.5-65 times). On the contrary, ~3% changes in the mean pore and throat radii of sub-sample #2 led to an increase in its permeability by only 25%. Rock dissolution significantly affected the pore size distribution. The results of this study can be useful for assessing the increase in reservoir permeability when stimulating the oil flow to the well by injecting acid solutions and the capacity and transport capabilities of carbonates during CO<sub>2</sub> injection.

**Keywords:** rock dissolution, pore-scale modeling, microcomputed tomography, sub-sample, carbonate rock.

#### Введение

Изучение изменения микроструктуры пористых сред из-за растворения пород является актуальной задачей при интенсификации добычи углеводородов из карбонатных пластов и закачке CO<sub>2</sub> в водоносные горизонты с целью его дальнейшего хранения. Карбонатные пласты в основном сложены из кальцита и доломита, следовательно, для их растворения обычно используются растворы соляной кислоты. При закачке CO<sub>2</sub> в водоносные горизонты, помимо его растворения в воде, также происходит растворение карбонатной породы.

В работе [1] проведено численное исследование процесса растворения породы с использованием двухмасштабной модели в 3D пространстве. На основе трехмерной кластеризации червоточин показали, что для оптимальной скорости закачки практически не меняется ширина червоточины по длине образца, а для червоточин конической формы их ширина линейно уменьшается по длине образца.

В работах [2, 3] было показано, что при низких скоростях закачки кислотного раствора, масштаб исследуемой области сильно влияет на оптимальное растворение, а при высоких скоростях влияние масштаба на оптимальные условия незначительно.

В работе [4] помимо факторов скорости закачки и химического состава изучено влияние геометрии исследуемой области. Показано, что границы исследуемого образца могут значительно нарушить явление червоточины, в основном за счет подавления механизма конкуренции червоточин.

Несколько исследований показали, что во время растворения пород в масштабе пор происходит множество физических и химических процессов, которые управляют эволюцией микроструктуры пористой среды. Такая модификация пористой среды и связанные с ней соотношения пористость-проницаемость зависят от неоднородности породы и условий растворения, таких как скорость закачки и химический состав закачиваемой жидкости [5-8]. Один из подходов к пониманию сложности

процесса растворения породы заключается в использовании моделей в масштабе пор, таких как модели поровой сети.

Было разработано несколько поросетевых моделей для представления топологии пористой среды и геометрии пор [9, 10]. В контексте растворения породы существующие модели поровой сети используют сеть сферических пор и соединяющих их цилиндрических каналов для моделирования реагирующего течения [11, 12]. Эти модели поровой сети обеспечивают соотношение пористость-проницаемость в зависимости от конкретных условий растворения, что является ключевым для моделей более больших масштабов.

В настоящей статье изучается изменение поровой структуры образцов реальных карбонатных пород во время растворения на основе их цифровых изображений микро-компьютерной томографии. На основе поросетевого моделирования был проведен анализ изменения поровой структуры, а также микроскопических и макроскопических характеристик пористой среды во время растворения.

## **Материалы и методы**

### *Материалы*

Источником данных для исследований являются 4 цилиндрических образца длиной ~5 см и диаметром ~3 см, которые испытывались в лабораторных условиях во время физических экспериментов по закачке кислотных растворов соляной кислоты. Данные образцы были отсканированы с помощью микрокомпьютерного томографа с пространственным разрешением в ~19 мкм до и после закачки кислоты. В цилиндрические образцы I и II были закачаны 18% и 12% растворы соляной кислоты с расходом в 8 мл/мин, а в образцы III и IV такие же растворы, но с расходом в 4 мл/мин. Полученные в результате сканирования изображения были обработаны, и на их основе были построены трехмерные цифровые модели цилиндрических образцов I, II, III и IV путем объемного рендеринга с использованием программного обеспечения Avizo®.

Цифровые модели цилиндрических образцов до и после закачки кислотных растворов показаны на рис. 1. На рисунке 1 верхний и нижний ряды соответствуют состояниям образцов до и после их растворения, соответственно. На нижнем ряду темно-синей областью выделены образованные в результате растворения каналы (червоточины). С целью проведения анализов, из этих цилиндрических образцов было осуществлено выделение мини-образцов №1-8 кубической формы размером ~7 мм, которые показаны зеленым цветом на рис. 1. Выбор мини-образцов меньшего размера обусловлен ограниченностью компьютерного ресурса и времени моделирования. Итак, из цифровых моделей цилиндрических образцов до и после их растворения были вырезаны по одному кубическому мини-образцу, итого 8 штук – 4 до растворения и 4 после растворения. Мини-образцы были вырезаны из одного и того же места цифровых моделей цилиндрических образцов до и после растворения и имеют одинаковые размеры.

### *Методы исследования*

Изменение поровой структуры мини-образцов было изучено с помощью поросетевого моделирования течения жидкости в пористых средах. В данном подходе сначала строится поровая сеть на основе сегментированного порового пространства реального образца горной породы. Построение поровой сети по сегментированным изображениям было осуществлено с помощью программного обеспечения Avizo®. Поровая сеть – эта сеть, состоящая из сфер (идеализированные поры) и цилиндров (идеализированные горловины пор) разного радиуса. После построения поровой сети на ней моделируется течение жидкостей: в центрах сфер вычисляются давление фаз на основе закона сохранения массы фазы, а в цилиндрах определяется скорость течения жидкости. Остальные параметры, такие как абсолютная проницаемость и гидравлическая извилистость рассчитываются с помощью полученных давления и скорости.

Сегментированное поровое пространство сначала было поделено на отдельные частицы, которые в дальнейшем будут считаться порами. Следом идет генерация меток в центре частиц. Генерация меток осуществлялась по следующему алгоритму: а) расчет карты расстояний частиц; б) извлечение скелета частиц; в) маскировка карты расстояний скелетом; г) поиск и маркировка центра частиц (зерен) на карте замаскированных расстояний. Немаловажную роль играет подбор числа, используемого в качестве коэффициента контраста, так как более высокие значения увеличивают количество объединенных частиц. Из этого следует, что этот процесс визуальной обработки сильно зависит от оператора-обработчика [13].

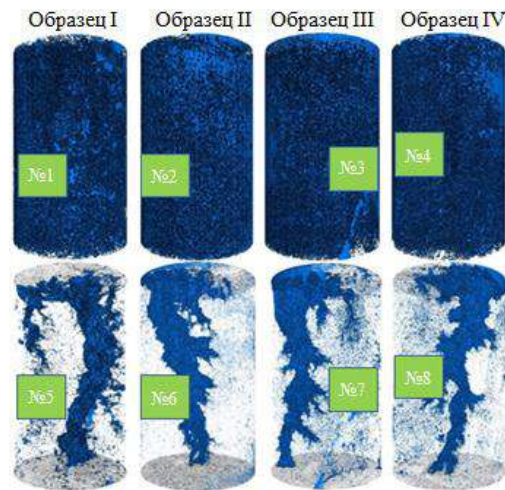


Рисунок 1. Выделенные мини-образцы из цилиндрических образцов

После выделения порового пространства для отдельных частей, можно получить соответствующую модель поровой сети, в которой поры отображаются в виде сфер, а горловины представлены цилиндрами. Извлеченная модель поровой сети содержит следующую статистику: количество пор, количество горловин, координационное число, эквивалентный радиус и длина горловины (определяемая как расстояние от поры до центра следующей связанной с ней поры), скорость течения жидкости в горловине, объем пор, эквивалентный радиус пор. Каждая сфера и цилиндр могут быть окрашены разными цветами в соответствии с их радиусами. Размер и цвет пор можно представить в виде эквивалентного радиуса, соответственно размер и цвет горловины можно представить в виде длины канала.

Поровая сеть образцов позволяет извлечь такие параметры, как распределение пор и горловин пор по их размерам, пористость, удельная площадь поверхности пор, координационное число, а также рассчитать извилистость и абсолютную проницаемость.

Для расчета абсолютной проницаемости предполагается, что сеть полностью заполнена только одной фазой. В стационарном течении несжимаемой жидкости сохранение массы для каждого порового тела описывается как:

$$\sum g_{ij}(P_i - P_j) = 0,$$

где суммирование выполняется по всем порам  $j$ , соединенных с порой  $i$ ;  $P_i$  и  $P_j$  – давление в центрах пор  $i$  и  $j$ , соответственно. Так как горловины пор представляют собой цилиндрические трубки радиусом  $r_{ij}$  и длины  $l_{ij}$ , то гидравлическая проводимость горловины  $g_{ij}$  определяется согласно закону Пуазейля  $g_{ij} = \pi r_{ij}^4 / 8\mu l_{ij}$ , где  $\mu$  – динамическая вязкость жидкости. Абсолютная проницаемость  $k$  мини-образца вычисляется по закону Дарси  $k = Q\mu L / \Delta P / A$ , где  $\Delta P$  – перепад давления, созданного на концах мини-образца;  $L$  – длина мини-образца в направлении потока;  $Q$  – суммарный поток жидкости сквозь среды;  $A$  – площадь поперечного сечения мини-образца, перпендикулярного к направлению течения.

Гидравлическая извилистость рассчитывается на основе скорости течения жидкости. Зная скорость в каждой горловине пор, извилистость вычисляется путем суммирования всех скоростей, разделенных на сумму проекций скоростей вдоль направления потока  $\tau = \sum_{i=0}^n \|v_i\| / \sum_{i=0}^n \|v_{xi}\|$ , где  $n$  – количество горловин;  $v_i$  – скорость жидкости, проходящей через горловину  $i$ ;  $v_{xi}$  – ее проекция на ось, параллельную к направлению течения жидкости.

## Результаты и их обсуждения

### Поровое пространство и поровая сеть

Выделенные после сегментирования поровые пространства (первые два столбца) и построенные на их основе поровые сети (последние два столбца) до и после растворения породы показаны на рис. 2. В настоящей статье было произведено двухфазное сегментирование, т.е. осуществлено выделение



порового пространства от твердого скелета, так как изучаемые образцы были тщательно промыты и осушены перед сканированием. Отметим, что показаны только поровые пространства по связанным между собой порам и соответствующие им поровые сети. Поровое пространство изображено темно-синим цветом, а поровая сеть различным цветом с целью отражения всех пор и горловин пор в соответствии с их размерами.

В таблице 1 приведены средние значения параметров, таких как средний радиус пор ( $r_p$ ), средний радиус горловины пор ( $r_t$ ), связанная пористость ( $\phi$ ), средняя удельная площадь поверхности пор ( $S$ ), среднее координационное число ( $n_c$ ), средняя извилистость ( $\tau$ ) и средняя проницаемость ( $k$ ) мини-образцов до их растворения.

На рис. 2 видно, что мини-образцы №1 и №2 содержат более крупные поры по сравнению с мини-образцами №3 и №4. Среднее значение радиуса пор и горловины пор для мини-образцов №1 и №2 в среднем на 20% и 25% выше по сравнению с мини-образцами №3 и №4 (табл. 1). Еще одним отличием мини-образцов №1 и №2 является то, что у них высокое значение количества пор, связанных между собой (характеризуются координационным числом) по сравнению с мини-образцами №3 и №4.

Таблица 1. Статистика характеристик мини-образцов до их растворения

Мини-образец	$r_p$ , мкм	$r_t$ , мкм	$\phi$ , %	$S$ , мкм <sup>-1</sup>	$n_c$	$\tau$	$k$ , мкм <sup>2</sup>
№1	117,0	53,4	16,4	22,5	5,7	1,57	4,3
№2	100,0	45,4	14,0	32,6	2,9	1,92	0,8
№3	89,8	38,6	8,7	40,2	2,6	1,87	0,002
№4	90,7	39,4	12,2	36,6	2,7	1,94	0,03

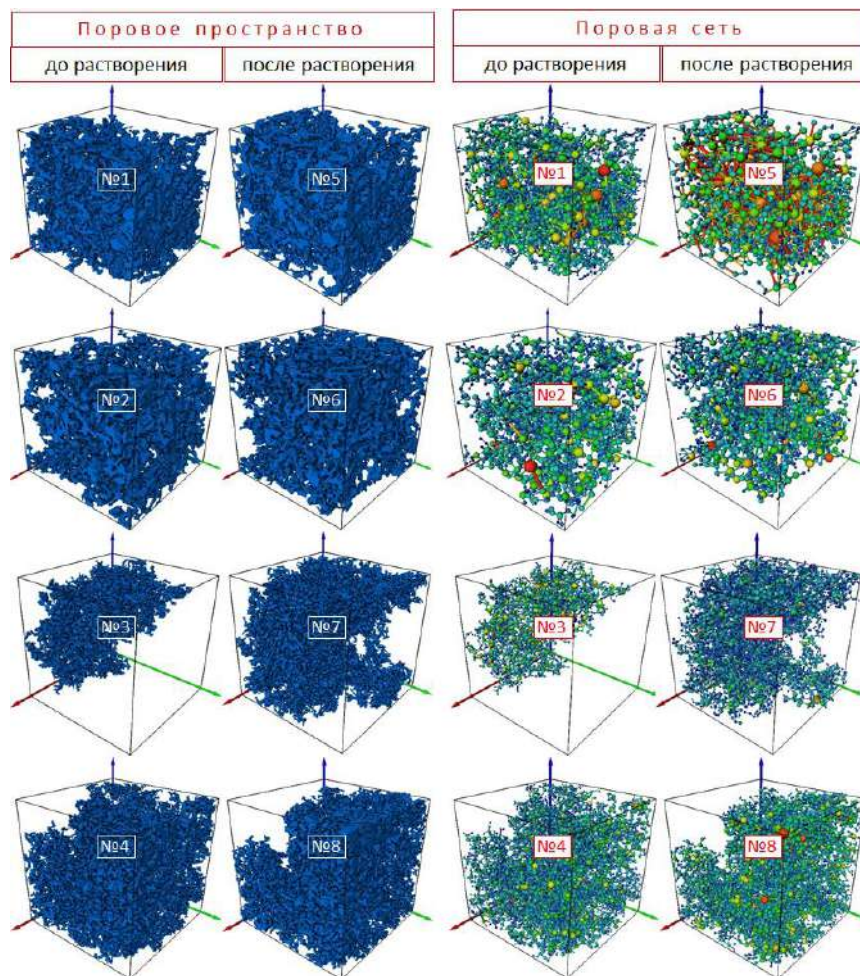


Рисунок 2. Поровое пространство и поровая сеть мини-образцов

Из рис. 2 можно заметить существенное изменение в поровой структуре мини-образцов в результате их растворения. Особенно заметно укрупнение существующих связанных между собой пор и увеличение количества пор, а также увеличение связанности между порами. Отметим, что закачка кислотного раствора и течение жидкости осуществлялась снизу вверх. Укрупнение происходит за счет увеличения в размере существующих единичных пор или же объединения за счет растворения нескольких маленьких пор в одну большую. Поры изображены сферами разного цвета в последних двух столбцах на рис. 2. Красный цвет соответствует порам максимального размера, а синий – порам минимального размера. Растворение породы привело к появлению новых пор, связанных с существующими порами, что в итоге приводит к росту координационного числа. Существенное изменение в поровом пространстве произошло в мини-образце №3, где наблюдается появление новых пор, имеющих связи с существующими порами после растворения (мини-образец №7).

#### Распределение пор по размерам

Одной из характеристик поровой структуры образцов является распределение пор и горловин пор по их размерам. На рис. 3 показаны распределения пор по их размерам для мини-образцов №1-4 до и после их растворения. В мини-образце №1 до растворения преобладали поры с радиусами 56-58 мкм (рис. 3а), хотя средний радиус пор по всему образцу составил 117 мкм (см. табл. 2). После закачки 18% раствора соляной кислоты (HCl) с расходом 8 мл/мин распределение пор по их размерам существенно изменилось – уже преобладали поры с радиусами около 170 мкм (рис. 3б). При этом средний радиус пор вырос до 203 мкм, т.е. на 74%. Помимо этого, стало заметно изменение диапазона радиусов, связанных между собой пор в результате растворения от 18-368 мкм до 26-422 мкм, что говорит об исчезновении мелких пор с радиусами 18-20 мкм. Эти поры либо объединились в более крупные поры, либо их радиусы увеличились за счет растворения породы. Также наблюдалось уменьшение пор относительно меньшего размера. В мини-образце №2 поры до растворения имеют двугорбовое распределение, что означает нахождение количества доминирующих пор в двух интервалах. Так, например, до закачки 12% раствора HCl с расходом 8 мл/мин, большинство пор находилось в интервалах 50-64 мкм и 110-124 мкм (рис. 3в). После растворения в мини-образце №2 существенно увеличились поры с радиусами 89-127 мкм, хотя средний радиус пор по всему мини-образцу №2 имеет прирост всего в 3% (см. табл. 2). Более того, распределение стало более плавным, что свидетельствует об уменьшении неоднородности размера пор после закачки кислотного раствора, при этом их двугорбовое распределение сохранилось (рис. 3г). Мини-образцы №3 и №4 сохранили изначально присутствующие двугорбовые распределения пор и после растворения породы, при этом диапазоны изменения радиуса пор для них изменились. Особенно изменились верхние границы этих диапазонов для обоих мини-образцов. Например, верхние границы выросли на 20% для обоих мини-образцов (рис. 3е и 3з). У мини-образца №3 после растворения появились новые поры с радиусами 21 мкм, а у мини-образца №4, наоборот, нижняя граница диапазона изменения радиуса пор изменилась от 11-13 мкм до 26-28 мкм, указывая на существенное укрупнение мелких пор. Кроме этого, у обоих мини-образцов, количество пор среднего радиуса (см. табл. 2), практически образующие второстепенные пики в распределении пор, существенно увеличились после закачки 18% (мини-образец №3) и 12% (мини-образец №4) растворов HCl с расходом 4 мл/мин.

Таблица 2. Сравнительная статистика характеристик мини-образцов до и после их растворения

Мини-образец	$r_p$ , мкм	$r_t$ , мкм	$\phi$ , %	$S$ , мкм <sup>-1</sup>	$n_c$	$\tau$	$k$ , мкм <sup>2</sup>	
№1	до	117,0	53,4	16,4	22,5	5,7	1,57	4,3
	после	203,3	73,0	20,3	19,1	6,2	1,40	11,0
№2	до	100,0	45,4	14,0	32,6	2,9	1,92	0,8
	после	103,0	44,4	16,0	30,4	3,0	1,86	1,0
№3	до	89,8	38,6	8,7	40,2	2,6	1,87	0,002
	после	98,6	42,6	11,7	32,7	2,7	1,97	0,13
№4	до	90,7	39,4	12,2	36,6	2,7	1,94	0,03
	после	103,3	45,6	13,2	31,3	2,96	1,91	0,17

При этом, средний радиус пор для обоих мини-образцов в среднем увеличился примерно на 10%. В целом, наблюдается существенное увеличение количества пор в обоих мини-образцах после их растворения приблизительно в 1,5 раза, что также наглядно видно на рис. 2 (мини-образцы №7 и №8).

*Распределение горловин пор по размерам*

Распределение горловин пор по размерам для мини-образца №1 претерпело существенное изменение (рис. 4а). Например, если до растворения в распределении имеется узкий пик, то после растворения он стал значительно шире (рис. 4б). Это означает, что часть горловин пор стала более крупной, что привело к образованию микроканалов для течения жидкости в результате растворения.

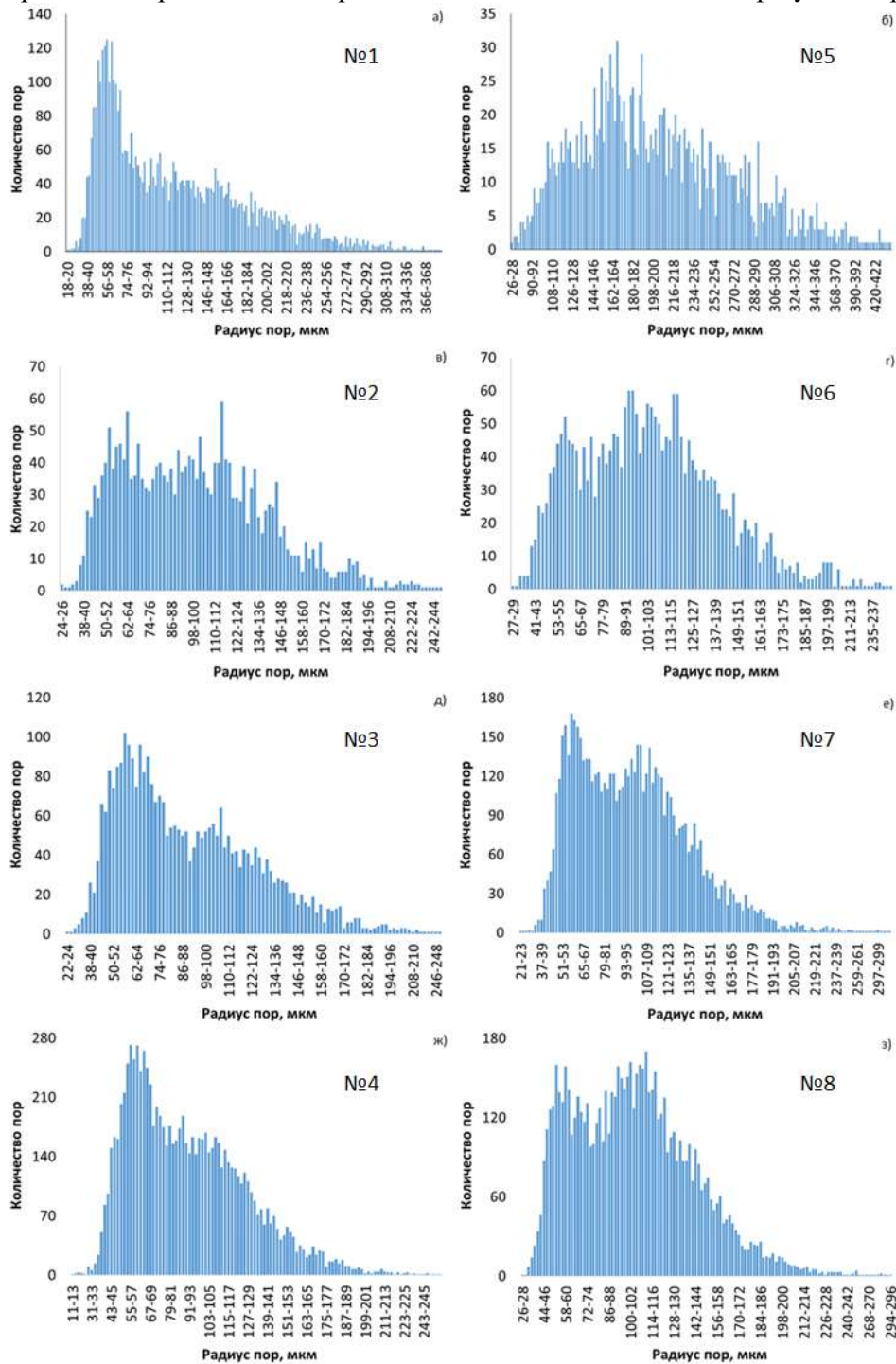


Рисунок 3. Распределение пор по размерам мини-образцов

На рис. 4 также видно, что верхняя и нижняя граница диапазона изменения радиуса горловин пор сдвинулись вправо, что указывает на повсеместное растворение породы. Если учесть, что увеличение диаметра горловин пор приводит к увеличению потока жидкости, в конечном счете это существенно влияет на абсолютную проницаемость мини-образца. Из табл. 2 видно, что увеличение среднего радиуса горловины пор мини-образца №1 в результате растворения на 37% привело к росту абсолютной проницаемости в 2,5 раза. Такое же поведение можно заметить и для мини-образца №4 (рис. 4ж и 4з).

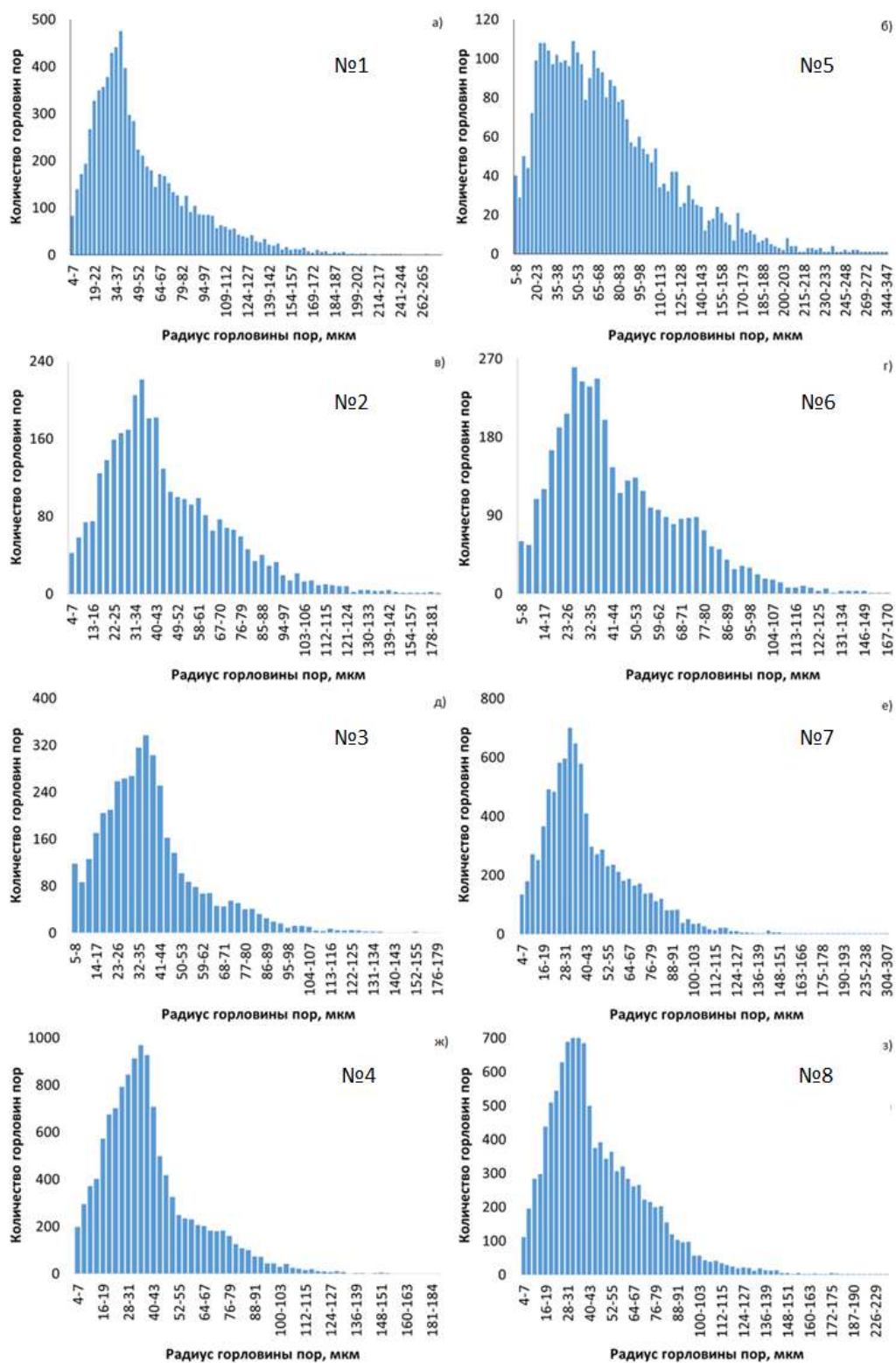


Рисунок 4. Распределение горловин пор по размерам мини-образцов

Для мини-образцов №2 и №3 наблюдается увеличение количества горловин пор в результате растворения (рис. 4г и 4е). Существенное увеличение горловин пор наблюдается особенно в мини-образце №3. При этом, у этого мини-образца диапазон изменения радиуса горловин пор значительно увеличился, что указывает на появление новых связей между существующими порами и порами, которые изначально не были связаны между собой. Это привело к образованию новых каналов течения, что увеличивает пропускную способность мини-образца №3. Из табл. 2 видно, что абсолютная проницаемость мини-образца №3 значительно выросла, кратность роста составила 65 раз. У мини-образца №2 исчезли горловины пор с самыми большими радиусами (рис. 4в и 4г), причиной этому может быть то, что эти горловины пор в результате растворения породы превратились в поры.

В таблице 2 приведена сравнительная статистика основных параметров мини-образцов до и после их растворения. Отметим, что связанная пористость мини-образцов увеличилась от 8 до 34%. Значительный прирост пористости наблюдается в мини-образце №3, где появились относительно много связей между порами, хотя среднее координационное число выросло всего лишь на 4% после растворения. Это можно объяснить тем, что для данного мини-образца кроме увеличения связи между порами, увеличилось и общее количество пор (рис. 2, образец №7) в результате растворения. Наибольший прирост координационного числа наблюдается в мини-образце №1, что составляет около 9%. Наблюдается уменьшение извилистости для всех мини-образцов, кроме мини-образца №3. Извилистость пористой среды характеризует среднюю длину траектории частиц жидкости по направлению течения. Чем больше сопротивление среды, тем больше извилистость, и соответственно меньше абсолютная проницаемость.

### Заключение

Результаты исследования показали существенное влияние растворения породы на поровую структуру, а также микроскопические и макроскопические параметры мини-образцов. Значительное изменение в поровом пространстве произошло в мини-образце №3. Наибольшие изменения наблюдаются для значений средних радиусов пор (74%) и горловин пор (37%), связанной пористости (34%), а также средней удельной площади поверхности твердого скелета (19%) мини-образцов №1, 3 и 4, которые привели к значительному росту (от 2,5 до 65 раз) абсолютной проницаемости этих мини-образцов. А для мини-образца №2, все параметры и их распределения практически мало изменились.

В мини-образцах, у которых расход кислотного раствора при закачке составил 4 мл/мин, было замечено увеличение количества пор и с большими, и с меньшими радиусами пор.

Растворение породы значительно повлияло на распределение пор по размерам. В распределении пор по размерам ярко выразился двугорбовый закон в результате растворения, практически для обоих кислотных растворов и значений расхода закачки.

**Благодарность.** Данное исследование было проведено в рамках проекта AP09058419 при поддержке Комитета Науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

### References:

- 1 Ghommem, M., Zhao, W., Dyer, S., Qiu, X., & Brady, D. (2015). Carbonate acidizing: Modeling, analysis, and characterization of wormhole formation and propagation. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 131, 18–33. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2015.04.021>.
- 2 Kalia, N., & Balakotaiah, V. (2007). Modeling and analysis of wormhole formation in reactive dissolution of carbonate rocks. *Chemical Engineering Science*, 62(4), 919–928. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2006.10.021>.
- 3 Kalia, N., & Balakotaiah, V. (2009). Effect of medium heterogeneities on reactive dissolution of carbonates. *Chemical Engineering Science*, 64(2), 376–390. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2008.10.026>.
- 4 Cohen, C. E., Ding, D., Quintard, M., & Bazin, B. (2008). From pore scale to wellbore scale: Impact of geometry on wormhole growth in carbonate acidization. *Chemical Engineering Science*, 63(12), 3088–3099. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2008.03.021>.
- 5 Agrawal, P., Raoof, A., Iliev, O., & Wolthers, M. (2020). Evolution of pore-shape and its impact on pore conductivity during CO<sub>2</sub> injection in calcite: Single pore simulations and microfluidic experiments. *Advances in Water Resources*, 136, 103480. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2019.103480>.
- 6 GOLFIER, F., ZARCONI, C., BAZIN, B., LENORMAND, R., LASSEUX, D., & QUINTARD, M. (2002). On the ability of a Darcy-scale model to capture wormhole formation during the dissolution of a porous medium. *Journal of Fluid Mechanics*, 457, 213–254. <https://doi.org/10.1017/S0022112002007735>.

7 Luquot, L., & Gouze, P. (2009). Experimental determination of porosity and permeability changes induced by injection of CO<sub>2</sub> into carbonate rocks. *Chemical Geology*, 265(1–2), 148–159. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2009.03.028>.

8 Molins, S., Trebotich, D., Yang, L., Ajo-Franklin, J. B., Ligocki, T. J., Shen, C., & Steefel, C. I. (2014). Pore-Scale Controls on Calcite Dissolution Rates from Flow-through Laboratory and Numerical Experiments. *Environmental Science & Technology*, 48(13), 7453–7460. <https://doi.org/10.1021/es5013438>.

9 Al-Gharbi, M. S., & Blunt, M. J. (2005). Dynamic network modeling of two-phase drainage in porous media. *Physical Review E*, 71(1), 016308. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.71.016308>.

10 Raoof, A., Nick, H. M., Hassanizadeh, S. M., & Spiers, C. J. (2013). PoreFlow: A complex pore-network model for simulation of reactive transport in variably saturated porous media. *Computers & Geosciences*, 61, 160–174. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2013.08.005>.

11 Menke, H. P., Bijeljic, B., Andrew, M. G., & Blunt, M. J. (2015). Dynamic Three-Dimensional Pore-Scale Imaging of Reaction in a Carbonate at Reservoir Conditions. *Environmental Science & Technology*, 49(7), 4407–4414. <https://doi.org/10.1021/es505789f>.

12 Raoof, A., & Hassanizadeh, S. M. (2012). A new formulation for pore-network modeling of two-phase flow. *Water Resources Research*, 48(1). <https://doi.org/10.1029/2010WR010180>.

13 Li, Y., Chi, Y., Han, S., Zhao, C., & Miao, Y. (2021). Pore-throat structure characterization of carbon fiber reinforced resin matrix composites: Employing Micro-CT and Avizo technique. *PLOS ONE*, 16(9), e0257640. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257640>.

С.И. Кабанихин<sup>1,2</sup>, М.А. Бектемесов<sup>3</sup>, Ж.М. Бектемесов<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия

<sup>3</sup>Казахский национальный педагогический университет им. Абая, г. Алматы, Казахстан

<sup>4</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

\*e-mail: jolaman252@gmail.com

## РЕШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ЭПИДЕМИОЛОГИИ СТОХАСТИЧЕСКИМИ ПРИРОДОПОДОБНЫМИ МЕТОДАМИ

*Аннотация*

Пандемия Covid-19 показала, что в мире существует ряд актуальных глобальных проблем. Для того, чтобы максимально предотвратить распространение инфекции, необходимо всесторонне анализировать динамику развития заболевания, рассчитывать нагрузку на сферу здравоохранения и делать более реалистичные прогнозы с помощью инструментов математического моделирования. Для анализа динамики вспышки Covid-19 были использованы несколько статистических, динамических и математических моделей, в том числе модели SEIRD и SEIR-HCD. Улучшенная математическая модель SEIR-HCD компенсирует несоответствие между фактическими и прогнозируемыми данными. Прогнозируемые решения были получены с помощью методов решения обратных задач, используя стохастические природоподобные алгоритмы глобальной оптимизации для восстановления параметров математической модели с использованием общедоступных данных, связанных с пандемией Covid-19, где в свою очередь восстановленные значения параметров помогут выстроить среднесрочный прогноз распространения инфекционного заболевания в отдельно взятых регионах либо по стране в целом.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, пандемия, обратная задача, идентификация, оптимизация, алгоритм светлячка.

*Аңдатпа*

С.И. Кабанихин<sup>1,2</sup>, М.А. Бектемесов<sup>3</sup>, Ж.М. Бектемесов<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>РФА СБ Есептеу математикасы және математикалық геофизика институты, Новосибирск қ., Ресей

<sup>2</sup>Новосибирск мемлекеттік университеті, Новосибирск қ., Ресей

<sup>3</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>4</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

## ЭПИДЕМИОЛОГИЯНЫҢ КЕЙБІР КЕРІ ЕСЕПТЕРІН СТОХАСТИКАЛЫҚ ТАБИҒАТҚА ҰҚСАС ӘДІСТЕРМЕН ШЕШУ

Covid-19 пандемиясы әлемде бірқатар өзекті жаһандық мәселелер бар екенін көрсетті. Инфекцияның таралуын мүмкіндігінше болдырмау үшін аурудың динамикасын жан-жақты талдап, денсаулық сақтау саласына түсетін салмақты есептеп, математикалық модельдеу құралдарын пайдалана отырып, неғұрлым шынайы болжамдар жасау қажет. Covid-19 індетінің динамикасын талдау үшін бірнеше статистикалық, динамикалық және математикалық модельдер, соның ішінде SEIRD және SEIR-HCD үлгілері пайдаланылды. Жақсартылған SEIR-HCD математикалық моделі нақты және болжамды деректер арасындағы сәйкессіздікті өтейді. Болжалды шешімдер Covid-19 пандемиясына қатысты жалпыға қолжетімді деректерді пайдалана отырып, математикалық модельдің параметрлерін қалпына келтіру үшін стохастикалық табиғатқа ұқсас жаһандық оңтайландыру алгоритмдерін, сөндіруші алгоритмін пайдалана отырып, кері есептерді шешу әдістерін пайдалана отырып алынды, бұл жерде, өз кезегінде, қалпына келтірілген параметр мәндері құруға көмектеседі, жекелеген аймақтарда немесе жалпы ел бойынша жұқпалы аурудың таралуының орта мерзімді болжамы.

**Түйін сөздер:** математикалық модельдеу, пандемиялық, кері есеп, сәйкестендіру, оңтайландыру, өрт сөндіруші алгоритмі.

Abstract

## SOLVING OF SOME INVERSE PROBLEM OF EPIDEMIOLOGY BY STOCHASTIC NATURE-LIKE METHODS

Kabanikhin S.I.<sup>1,2</sup>, Bektemesov M.A.<sup>3</sup>, Bektemessov Zh.M.<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

<sup>3</sup>Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

<sup>4</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

The Covid-19 pandemic has shown that there are a number of pressing global problems in the world. In order to prevent the spread of infection as much as possible, it is necessary to comprehensively analyze the dynamics of the disease, calculate the burden on the healthcare sector and make more realistic forecasts using mathematical modeling tools. Several statistical, dynamic and mathematical models, including the SEIRD and SEIR-HCD models, have been used to analyze the dynamics of the Covid-19 outbreak. The improved SEIR-HCD mathematical model compensates for the discrepancy between actual and predicted data. Predicted solutions were obtained using methods for solving inverse problems using stochastic metaheuristic global optimization algorithms to restore the parameters of the mathematical model using publicly available data related to the Covid-19 pandemic, where, in turn, the restored parameter values will help build a medium-term forecast of the spread of an infectious disease in particular selected regions or for the country as a whole.

**Keywords:** mathematical modeling, pandemic, inverse problem, identification, optimization, firefly algorithm.

### 1 Введение

Использование математического моделирования с целью анализа распространения вирусных инфекций в Казахстане с применением методов решения обратных задач может быть полезным инструментом для пояснения динамики заболевания, прогнозирования его будущего распространения и оценки эффективности различных мер по контролю за инфекцией. Обычно моделирование распространения инфекции базируется на сложных системах дифференциальных уравнений, которые описывают изменения в числе зараженных, выздоровевших и умерших людей со временем и в пространстве.

Однако при применении методов решения обратных задач движение идет в обратном направлении. При этом используются имеющиеся данные о заболеваемости и других факторах, чтобы оценить параметры модели, которые наилучшим образом соответствуют наблюдаемым данным [1].

Методы решения обратных задач представляют собой стратегию, которая сосредотачивается на поиске оптимальных параметров в математических моделях с тем, чтобы минимизировать расхождение между результатами, предсказанными моделью, и фактическими данными о распространении инфекции. Этот процесс обычно включает в себя использование методов оптимизации, например, алгоритма светлячка, с целью нахождения наилучших параметров модели, которые наиболее точно соответствуют наблюдаемой реальности.

Математическое моделирование распространения вирусной инфекции с помощью методов решения обратных задач представляет собой мощный инструмент для понимания и управления инфекционными заболеваниями. Однако стоит учесть, что точность и надежность таких моделей зависят от нескольких факторов, включая качество доступных данных, а также правильность выбранных параметров и предположений при построении модели. Поэтому важно использовать достоверные и актуальные данные, а также учитывать различные факторы, которые могут влиять на распространение инфекции, чтобы обеспечить более точные и полезные результаты моделирования [2].

Математическое моделирование распространения коронавирусной инфекции с использованием метода SEIR-HCD [3] (Susceptible - Exposed - Infected - Recovered - Hospitalized - Critical - Dead) и алгоритма светлячка представляет собой важный инструмент для анализа и прогнозирования течения этого заболевания. Модель SEIR-HCD разделяет население на несколько категорий, такие как восприимчивые, подвергшиеся воздействию, инфицированные, выздоровевшие, госпитализированные, критически больные и умершие. Она учитывает переходы между этими категориями, опираясь на параметры, такие как вероятность заражения, инкубационный период, средняя длительность болезни и другие.

Алгоритм светлячка, в свою очередь, представляет собой метаэвристический метод оптимизации, который моделирует поведение "светлячков" в поиске наилучшего решения. Каждый светлячок представляет собой потенциальное решение проблемы, и их перемещение и взаимодействие между собой направлены на поиск оптимального решения. В контексте моделирования коронавирусной



инфекции алгоритм светлячка используется для определения оптимальных параметров модели, которые наилучшим образом соответствуют имеющимся данным о распространении заболевания. Этот подход помогает улучшить точность и достоверность модели, что способствует более точному анализу и прогнозированию динамики инфекции.

Использование метода SEIR-HCD в сочетании с алгоритмом светлячка предоставляет возможность создания математической модели, которая отражает распространение коронавирусной инфекции с учетом множества факторов, включая динамику заболеваемости, переход между различными категориями населения и воздействие разнообразных переменных, таких как принимаемые меры по борьбе с инфекцией и вакцинация. Эта модель имеет широкий спектр практических применений, включая способность прогнозировать будущие тенденции распространения заболевания, оценивать эффективность различных мер по контролю над инфекцией и предоставлять основу для принятия важных решений в сфере общественного здравоохранения.

Однако необходимо подчеркнуть, что точность и достоверность такой модели сильно зависят от качества и полноты данных, используемых для определения параметров модели, а также от правильного выбора этих параметров в процессе моделирования. Таким образом, чтобы обеспечить максимально точное и надежное моделирование распространения коронавирусной инфекции, важно уделять особое внимание сбору актуальных и достоверных данных, а также внимательно настраивать параметры модели в соответствии с реальными условиями.

## 2 Постановка прямой задачи

Рассмотрим математическую модель SEIR-HCD распространения COVID-19 [4]:

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = -\frac{5-a(t-\tau)}{5} \left( \frac{\alpha I(t)S(t)I(t)}{N} + \frac{\alpha E(t)S(t)E(t)}{N} \right) \\ \frac{dE}{dt} = \frac{5-a(t-\tau)}{5} \left( \frac{\alpha I(t)S(t)I(t)}{N} + \frac{\alpha E(t)S(t)E(t)}{N} \right) - \frac{1}{t_{inc}} E(t), \\ \frac{dI}{dt} = \frac{1}{t_{inc}} E(t) - \frac{1}{t_{inf}} I(t), \\ \frac{dR}{dt} = \frac{\beta}{t_{inf}} I(t) - \frac{1-\varepsilon_{HC}}{t_{hosp}} H(t), \\ \frac{dH}{dt} = \frac{1-\beta}{t_{inf}} I(t) + \frac{1-\mu}{t_{crit}} C(t) - \frac{1}{t_{hosp}} H(t), \\ \frac{dC}{dt} = \frac{\varepsilon_{HC}}{t_{hosp}} H(t) - \frac{1}{t_{crit}} C(t), \\ \frac{dD}{dt} = \frac{\mu}{t_{crit}} C(t) \end{cases} \quad (1)$$

с начальными условиями

$$S(t_0) = N - E_0 - I_0 - R_0 - H_0 - C_0 - D_0, E(t_0) = E_0, \quad (2)$$

$$I(t_0) = I_0, R(t_0) = R_0, H(t_0) = H_0, C(t_0) = C_0, D(t_0) = D_0. \quad (3)$$

Схема модели (1) показана на рисунке 1, а описание, значения параметров и начальные условия для Алматинской области приведены в таблице 1 (начальное время принято считать 15 апреля 2020 года). В модели SEIR-HCD бессимптомная популяция  $E(t)$  переходит в симптоматическую популяцию  $I(t)$  после  $t_{inc}$  дней [5]. Инфицированные люди выздоравливают через  $t_{inf}$  дней с вероятностью  $\beta$  и госпитализируются  $H(t)$  с вероятностью  $1-\beta$ . Госпитализированный человек может затем выздороветь или ему может потребоваться подключение к аппарату искусственной вентиляции легких  $C(t)$ . В модели только критические случаи могут погибнуть с вероятностью  $D(t)$  [6].

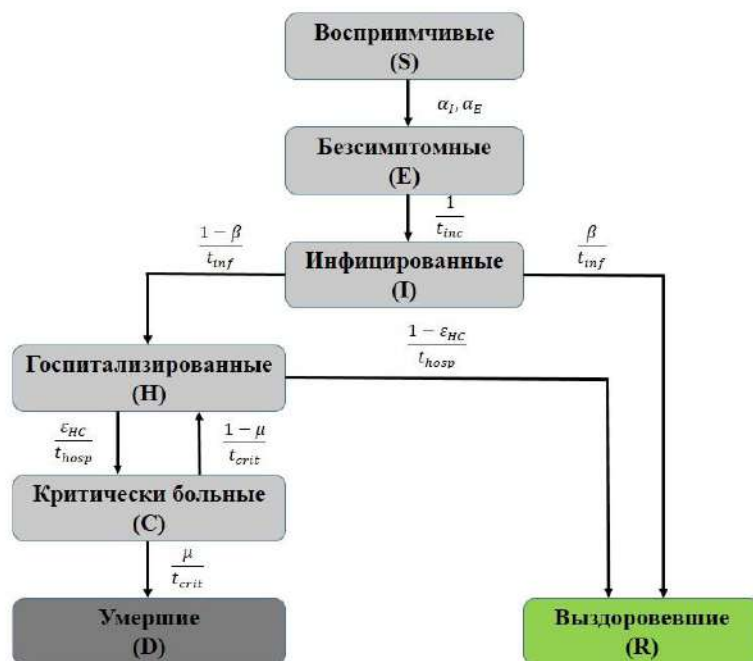


Рисунок 1. Схема камерной математической модели SEIR-HCD [4].

Таблица 1. Описание и значения параметров модели SEIR-HCD

№	Параметр	Сипаттамасы	Мәні
1	$\alpha(t)$	Индекс самоизоляции	(0.5)
2	$\alpha_E(t)$	Параметр инфекции между бессимптомными и восприимчивыми популяциями $\alpha_E \gg \alpha_I$	(0.1)
3	$\alpha_I(t)$	Параметр заражения между инфицированными и восприимчивыми популяциями	(0.1)
4	$\beta$	Доля инфицированных, которые переносят болезнь без осложнений	(0.1)
5	$\epsilon_{HC}$	Процент госпитализированных случаев, требующих ИВЛ	(0.1)
6	$\mu$	Доля смертей от COVID-19	(0, 0.5)
7	$\tau$	Латентный период (описывает задержку начала инфекционного заболевания)	2 дня
8	$t_{inc}$	Продолжительность инкубационного периода	2-14 дней
9	$t_{inf}$	Продолжительность инфекционного периода	2.5-14 дней
10	$t_{hosp}$	Продолжительность пребывания в больнице	4-5 дней
11	$t_{crit}$	Продолжительность использования ИВЛ	10-20 күн
12	$N$	Численность населения (чел.) Алматинской области	2179600
13	$E_0$	Исходное количество бессимптомных носителей	(1, 5000)
14	$I_0$	Начальное число зараженных	(1, 5000)
15	$R_0$	Начальное число выздоровевших случаев	(1, 100)
16	$H_0$	Начальное число госпитализаций	180
17	$C_0$	Начальное число критических случаев	51
18	$D_0$	Начальное число смертей	10

### 3 Постановка обратной задачи

Предположим, что в указанное время  $t_k, k = 1, \dots, K$  известна дополнительная информация о симптоматических случаях  $(1 - b_k)h_k$ , критических случаях  $C_k$  и смертей  $g_k$  в заданные моменты времени в математической модели SEIR-HCD:

$$E(t_k; q) = (1 - b_k)h_k, C(t_k; q) = C_k, D(t_k; q) = g_k, k = 1, \dots, K. \quad (4)$$

$$J(q) = \langle A(q) - f, A(q) - f \rangle. \quad (5)$$

Здесь  $A$  – нелинейный обратный оператор вычислений,  $f = \{f_k^i\}_{k=1, K}^{i \in \mathcal{L}}$ ,  $\mathcal{L}$  представляет собой набор измеримых состояний системы,  $q = (\alpha_E(t), \alpha_I(t), \varepsilon_{HC}, \mu, E_0, I_0)$  – вектор неизвестных параметров модели,  $h_k$  – количество выявленных случаев в Алматинской области,  $b_k$  – процент бессимптомных случаев по результатам ПЦР.

Для модели SEIR-HCD обратная задача (4)-(5) заключается в определении вектора параметров  $q$ . Для модели SEIR-HCD обратная задача сводится к задаче минимизации целевого функционала.

$$J(q) = \sum_{k=1}^K \frac{1}{(1-b_k)^2 h_k^2} \left( \frac{1}{t_{inc}} E(t_{k-1}; q) - (1 - b_k)h_k \right)^2 + \frac{(C(t_k; q) - C_k)^2}{C_k^2} + \frac{(D(t_k; q) - g_k)^2}{g_k^2}. \quad (6)$$

Здесь первый член  $t_{inc}^{-1} E(t_{k-1}; q)$  описывает количество бессимптомных носителей симптоматически инфицированного вируса COVID-19 в день  $t_k$ . Функционал  $J(q)$  также включает в себя информацию о тяжести  $C(t_k; q)$  и смертности  $D(t_k; q)$  случаев COVID-19, имеющих в открытых источниках.

### 4 Алгоритм светлячка

Метаэвристические алгоритмы, вдохновленные природой, и, в частности, алгоритмы, основанные на роевом интеллекте, привлекли внимание исследователей в последние годы. Один из таких алгоритмов, называемый Firefly Algorithm (FA), был представлен около пятнадцати лет назад, в 2008 году [7-8], и с тех пор стал предметом интенсивных исследований с различными приложениями. Теперь можно использовать определенные характеристики мерцающих светлячков для создания алгоритмов, которые будут разработаны на его основе. Для упрощения описания стандартного Firefly Algorithm (FA) следует определить следующие три идеализированные правила:

- Все светлячки принадлежат к одному полу, и, следовательно, они привлекают друг друга независимо от своего пола.

- Сила притяжения между светлячками пропорциональна яркости их света. Следовательно, в любой паре светлячков один будет двигаться к свету, который ярче, так как притяжение усиливается в зависимости от яркости. Это притяжение также уменьшается с увеличением расстояния между светлячками. Если какой-либо светлячок не видит света от другого светлячка, он будет двигаться случайным образом.

- Светлячки перемещаются в зависимости от яркости своего собственного света, и это влияет или определяет форму ландшафта целевой функции.

Алгоритм светлячка выглядит следующим образом:

1. На первом этапе **инициализируются** начальные параметры алгоритма (яркость, рандомизация положения светлячков (возможных решений) и поглощение света) и **генерируется** начальная популяция светлячков.

$$q_i^j \in [q_l^j, q_u^j], i = 1, \dots, Np, j = 1, 2, \dots, K.$$

$K$  – количество искомых параметров

$\alpha$  – параметр рандомизации

$\beta$  – параметр притягательности светлячков

$\gamma$  – параметр интенсивности яркости светлячков

2. На втором этапе производится **оценка невязки** светлячков с использованием функционала.

$$J(q) = \sum_{k=1}^K \frac{1}{(1-b_k)^2 h_k^2} \left( \frac{1}{t_{inc}} E(t_{k-1}; q) - (1 - b_k)h_k \right)^2 + \frac{(C(t_k; q) - C_k)^2}{C_k^2} + \frac{(D(t_k; q) - g_k)^2}{g_k^2}.$$

3. На третьем этапе происходит **обновление** интенсивности яркости свечения светлячков (наименьшая невязка).

$$x_i^{t+1} = x_i^t + \beta_0 e^{-\gamma r_{ij}^2} (x_i^t - x_j^t) + \alpha \epsilon_i^t$$

$\epsilon_i$  – генератор случайных чисел, равномерно распределенный в  $[0, 1]$

4. **Ранжирование** светлячков и нахождение наилучшего решения.

5. **Смещение** светлячков к наилучшему решению.

Переместите светлячка  $i$  в сторону  $j$

6. **Проверка** условия остановки алгоритма (может быть, как и количество максимальной итерации, так и достижение определенного минимума).

$$J(q) < \varepsilon$$

7. Получение наилучшего **результата**.

Для задачи минимизации, яркость можно связать с значениями целевой функции таким образом, что она будет пропорциональна этим значениям. Такие альтернативные формы яркости могут быть определены аналогично функции приспособленности, используемой в генетических алгоритмах.

## 5 Результаты

Численные результаты решения обратной задачи восстановления значений параметров по некоторой дополнительной информации приведены в таблице 2. Алгоритм светлячка реализован на языке в интерактивной среде программирования, численных расчетов и визуализации результатов - MatLab. Обратная задача рассматривалась с использованием данных, рассчитанных для каждого уравнения модели в 10 моментах времени, равномерно распределенных в интервале (0, 60).

Таблица 2. Описание и значения параметров модели SEIR-HCD

Истинное значение параметров							
$\alpha(t)$	$\tau$	$\alpha_I$	$\alpha_E$	$k$	$\beta$	$\varepsilon_{CH}$	$\mu$
2.5	2	0.491	0.994	0.28	0.165	0.0065	0.0011
Среднее значение восстановленных параметров							
3.4347	0.3323	0.9568	1.2114	0.0091	0.4712	0.0011	0.0032
Относительная ошибка							
0.37388	0.83385	0.9486	0.218	0.9675	1.855	0.83	1.9

Таким образом, значения параметров модели SEIR-HCD восстановлены с относительной погрешностью не более 20-40% для определяемых параметров ( $\alpha_E, \alpha(t)$ ), для 4 параметров этот показатель превышает 80% ( $\tau, \alpha_I, \varepsilon_{CH}, k$ ), что указывает на то, что восстановление значений параметров также является достаточно хорошим результатом. А значение относительной погрешности остальных параметров превышает 100% ( $\beta, \mu$ ). Тем не менее графики изменения переменных показали хорошее соответствие смоделированных значений по восстановленным параметрам с реальными статистическими данными, что позволяет провести дальнейший прогноз распространения инфекции среди населения (рис.2 - 3).

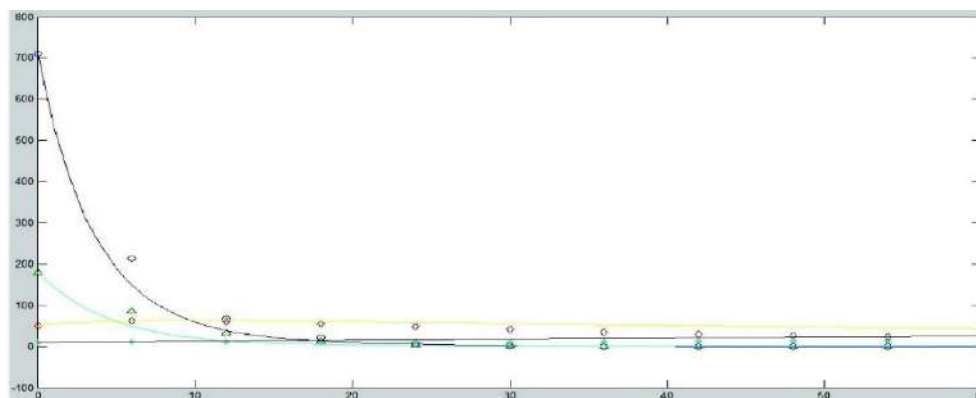


Рисунок 2. Динамика изменения смоделированных значений переменных  $I, H, C, D$ .

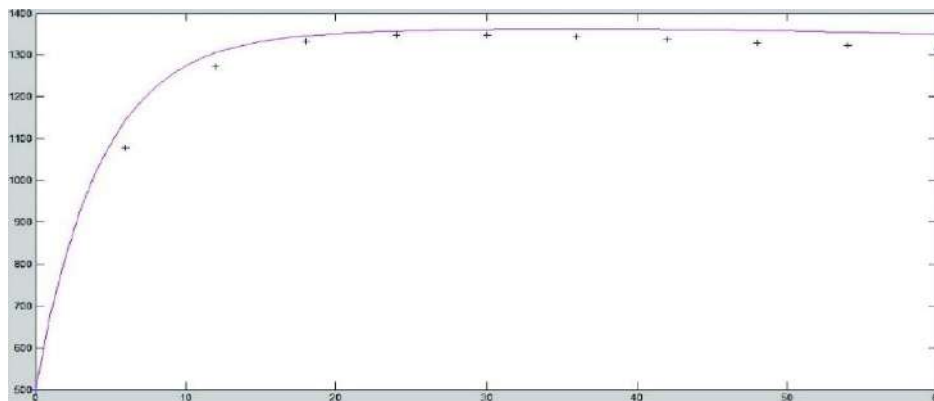


Рисунок 3. Динамика изменения смоделированных значений переменной R.

Наблюдаемые переменные по-разному зависят от разных параметров и могут использоваться для ранжирования параметров в порядке относительного влияния на прогнозы модели. Такой эффект можно оценить количественно с помощью параметрической чувствительности [9-10].

## 6 Заключение

В данной исследовательской работе было проведено математическое моделирование распространения коронавирусной инфекции в одном из регионов Казахстана. Для этой цели использовалась модель SEIR-HCD, и применен алгоритм, основанный на поведении светлячков, для численного решения этой модели с помощью программы Matlab.

Результаты исследования подтверждают, что алгоритм светлячка является мощным и эффективным инструментом для решения системы дифференциальных уравнений, описывающей модель SEIR-HCD. Этот алгоритм демонстрирует высокую скорость сходимости и обеспечивает достаточную точность для прогнозирования динамики распространения инфекции.

Эта модель может быть применена для прогнозирования динамики распространения инфекции, оценки эффективности мер по борьбе с ней и принятия обоснованных решений в условиях пандемии.

*Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP19579325 «Разработка и исследование современных численных методов решения обратных и некорректных задач для уравнения акустики»)*

### Список использованной литературы:

- 1 Kabanikhin S.I., Bektemesov M.A., Bektemessov J.M. *Mathematical model for medium-term COVID-19 forecasts in Kazakhstan // Journal of Mathematics, Mechanics and Computer Science, 2021, v.111, n.3, p. 95-106.*
- 2 Бектемесов Ж.М., Кabanikhin С.И., Касенов С.Е. *О численном моделировании обратной задачи эпидемиологии // Вестник «Физико-математические науки» 2021, 75:3, pp. 7-14. <https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.01>.*
- 3 Unlu E., Leger H., Motornyi O., Rukubayihunga A., Ishacian T., Chouiten M. *Epidemic analysis of COVID-19 outbreak and counter-measures in France // medRxiv, 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.04.27.20079962>.*
- 4 Krivorotko O.I., Kabanikhin S.I., Zyatkov N.Yu., Prikhodko A.Yu., Prokhoshin N.M., Shishlenin M.A. *Mathematical modeling and forecasting of COVID-19 in Moscow and Novosibirsk region // Num.Anal.Appl., 2020, 13:4, pp.332-348.*
- 5 *Coronavirus disease 2019 (COVID-19) // Situation report, May 31, 2020, <https://covid19.who.int/>*
- 6 Krivorotko O.I., Kabanikhin S.I., Bektemesov M.A., Sosnovskaya M.I., Neverov A.V. *Simulation of COVID-19 Spread Scenarios in the Republic of Kazakhstan Based on Regularization of the Agent-Based Model // Journal of Applied and Industrial Mathematics, 2023, 17:3, pp.94-109.*
- 7 Yang X.S. *Nature-inspired metaheuristic algorithms // 1st ed. Frome, UK: Luniver Press, 2008, 147 p.*
- 8 Surafel Luleseged Tilahun, Hong Choon Ong. *Modified Firefly Algorithm // Journal of Applied Mathematics, 2012, vol. 2012, Article ID 467631, 12 pages. <https://doi.org/10.1155/2012/467631>*
- 9 Криворотко О.И., Кabanikhin С.И., Сосновская М.И., Андорная Д.В. *Анализ чувствительности и идентифицируемости математических моделей распространения эпидемии COVID-19 // Вавиловский журн. генетики и селекции. 2021. Т. 25, No 1. С. 82–91.*

10 Kabanikhin, S., Bektemesov, M., Krivorotko, O., Bektemessov, Z. Practical identifiability of mathematical models of biomedical processes // *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, 2092 (1), art.no.012014. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2092/1/012014>

References:

1 Kabanikhin S.I., Bektemesov M.A., Bektemessov J.M. Mathematical model for medium-term COVID-19 forecasts in Kazakhstan // *Journal of Mathematics, Mechanics and Computer Science*, 2021, v.111, n.3, p. 95-106.

2 Bektemesov Zh.M., Kabanikhin S.I., Kasenov S.E. O chislennom modelirovanii obratnoj zadachi epidemiologii [About numerical modelling of inverse problem of epidemiology] // *Vestnik "Fiziko-matematicheskie nauki"*, 2021, 75:3, pp. 7-14. <https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.01>. (in Russian)

3 Unlu E., Leger H., Motornyi O., Rukubayihunga A., Ishacian T., Chouiten M. Epidemic analysis of COVID-19 outbreak and counter-measures in France // *medRxiv*, 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.04.27.20079962>.

4 Krivorotko O.I., Kabanikhin S.I., Zyatkov N.Yu., Prikhodko A.Yu., Prokhoshin N.M., Shishlenin M.A. Mathematical modeling and forecasting of COVID-19 in Moscow and Novosibirsk region // *Num.Anal.Appl.*, 2020, 13:4, pp.332-348.

5 Coronavirus disease 2019 (COVID-19) // *Situation report, May 31, 2020*, <https://covid19.who.int/>

6 Krivorotko O.I., Kabanikhin S.I., Bektemesov M.A., Sosnovskaya M.I., Neverov A.V. Simulation of COVID-19 Spread Scenarios in the Republic of Kazakhstan Based on Regularization of the Agent-Based Model // *Journal of Applied and Industrial Mathematics*, 2023, 17:3, pp.94-109.

7 Yang X.S. *Nature-inspired metaheuristic algorithms* // 1st ed. Frome, UK: Luniver Press; 2008, 147 p.

8 Surafel Lulseged Tilahun, Hong Choon Ong. Modified Firefly Algorithm // *Journal of Applied Mathematics*, 2012, vol. 2012, Article ID 467631, 12 pages. <https://doi.org/10.1155/2012/467631>

9 Krivorot'ko O.I., Kabanikhin S.I., Sosnovskaja M.I., Andornaja D.V. Analiz chuvstvitel'nosti i identifiiruemosti matematicheskikh modelej rasprostraneniya jepidemii COVID-19 [Analysis of the sensitivity and identifiability of mathematical models of the spread of the COVID-19 epidemic] // *Vavilovskij zhurn. genetiki i selekcii*. 2021. T. 25, No 1. S. 82–91. (in Russian)

10 Kabanikhin, S., Bektemesov, M., Krivorotko, O., Bektemessov, Z. Practical identifiability of mathematical models of biomedical processes // *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, 2092 (1), art.no.012014. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2092/1/012014>

К.М. Шияпов<sup>1,2\*</sup>, Ж.Д. Байшемиров<sup>1,2</sup>, А.Б. Жанбырбаев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы қ., Қазақстан

\*e-mail: kadrzhan2019@gmail.com

## СЫҒЫЛМАЙТЫН АРАЛАСПАЙТЫН СҰЙЫҚТАР АҒЫНДАРЫ ҮШІН ҚЫСЫМДЫ ТҮЗЕТУ ҮРДІСІНЕ САНДЫҚ ЗЕРТТЕУ

*Аңдатпа*

Бір-бірімен араласпайтын сығылмайтын сұйықтықтардағы жылдамдық векторы мен қысым арасындағы байланыстың сандық модельдеу және талдау саласындағы ғылыми зерттеулер әртүрлі инженерлік және физикалық қолданбаларда өзекті және маңызды. Бұл мәселе сұйықтықтарды тасымалдау жүйелерін, гидродинамикалық жүйелерді және оларды автоматтандыруды жасау және оңтайландыру сияқты көптеген инженерлік мәселелермен тікелей байланысты. Араласпайтын сұйықтықтардағы жылдамдық пен қысым арасындағы байланысты түсіну әртүрлі факторлардың әсерін бағалауға көмектеседі. Бұл жұмыс екі кезеңнен тұратын қысымды түзету процедурасы арқылы әр уақытта жылдамдық өрісінің есептеулерін есепке алатын араласпайтын сығылмайтын сұйықтар ағындары үшін жылдамдық векторы мен қысым арасындағы байланысты сандық зерттеуді қарастырады. Нәтижесінде қысымды жоғарылату режимі босатылған сұйықтық тамшыларын бос шекарадан бөлу және олардың одан әрі капилляр бойымен таралуы есебінен жүзеге асырылады.

**Түйін сөздер:** сығылмайтын араласпайтын сұйықтықтар, қысым, жылдамдық, беттік керілу, математикалық модельдеу, сандық шешімдер

*Аннотация*

К.М. Шияпов<sup>1,2\*</sup>, Ж.Д. Байшемиров<sup>1,2</sup>, А.Б. Жанбырбаев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Институт информационных технологий, г.Алматы, Казахстан

## ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОРРЕКЦИИ ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ТЕЧЕНИЙ НЕСМЕШИВАЮЩИХСЯ НЕСЖИМАЕМЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Научные исследования в области численного моделирования и анализа связи между вектором скорости и давлением в несмешивающихся несжимаемых жидкостях имеют актуальность и важность в различных инженерных и физических приложениях. Эта проблематика имеет прямое отношение к множеству инженерных задач, таких как разработка и оптимизация систем транспортировки жидкостей, гидродинамических систем и их автоматизации. Понимание взаимосвязи между скоростью и давлением в несмешивающихся жидкостях может помочь в оценке воздействия различных факторов. В данной работе рассматривается численное исследование связи вектора скорости и давления для течений несмешивающихся несжимаемых жидкостей, где учитывается расчеты поля скорости в каждый момент времени с использованием процедуры коррекции давления, состоящие из двух этапов. В результате режим повышения давления осуществляется за счет отрыва выделившихся капель жидкости от свободной границы и дальнейшего их распределения по капилляру.

**Ключевые слова:** несжимаемые несмешивающиеся жидкости, давление, скорость, поверхностное натяжение, математическое моделирование, численные решения.

*Abstract*

## NUMERICAL STUDY OF THE PRESSURE CORRECTION PROCESS FOR FLOW OF IMMIXIBLE INCOMPRESSIBLE FLUIDS

Shiyapov K.M.<sup>1,2\*</sup>, Baishemirov Zh.D.<sup>1,2</sup>, Zhanbyrbayev A.B.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan

Scientific research in the field of numerical modeling and analysis of the relationship between the velocity vector and pressure in immiscible incompressible fluids is relevant and important in various engineering and physical applications. This issue is directly related to many engineering problems, such as the development and optimization of fluid transport systems, hydrodynamic systems and their automation. Understanding the relationship between velocity and pressure in immiscible fluids can help evaluate the effects of various factors. This paper considers a numerical study of the relationship between the velocity vector and pressure for flows of immiscible incompressible fluids, which takes into

account calculations of the velocity field at each time using a pressure correction procedure consisting of two stages. As a result, the pressure increase mode is carried out due to the separation of released liquid droplets from the free boundary and their further distribution along the capillary.

**Keywords:** incompressible immiscible fluids, pressure, velocity, surface tension, mathematical modeling, numerical solutions.

### Кіріспе

Сығылмайтын сұйықтықтардағы жылдамдық векторы мен қысым арасындағы байланыс үрдісі келесі теңдеулер жүйесімен сипатталады:

$$\rho \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} = -\nabla p + \rho \mathbf{g} + \nabla \cdot \mu (\nabla \mathbf{u} + \nabla^T \mathbf{u}) + \rho \mathbf{f}, \quad (1)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0. \quad (2)$$

Есептің сандық шешімі төртбұрышты жылжытылған торлардағы (1-сурет.) (staggered grid) шектеулі айырымды әдісімен тікелей сандық модельдеу арқылы қолданылды [1]. Шектеулі айырым теңдеуі интегралды-интерполяциялы әдісінің көмегімен шығарылады (метода баланса) [2]. Есептеулерді бір уақыттан екінші кезеңге дейін ұйымдастыру үшін проекциялау әдісі қолданылды, атап айтқанда қысым коррекцияның процедурасы (Second-Order Projection Method ) [3]. Оны қолдану қажеттілігі сығылмайтын сұйықтық жағдайында біртұтастық теңдеуі жылдамдық векторының құрамдастырын ғана қамтылғандықтан тікелей қысыммен байланысы жоқ. Сығылмайтын ағындар үшін жылдамдық векторы мен қысым арасындағы байланыс тығыздық теңдеуі арқылы жүзеге асырылады, сондықтан бұл процедураны осындай ортада қолдану талап етілмейді.

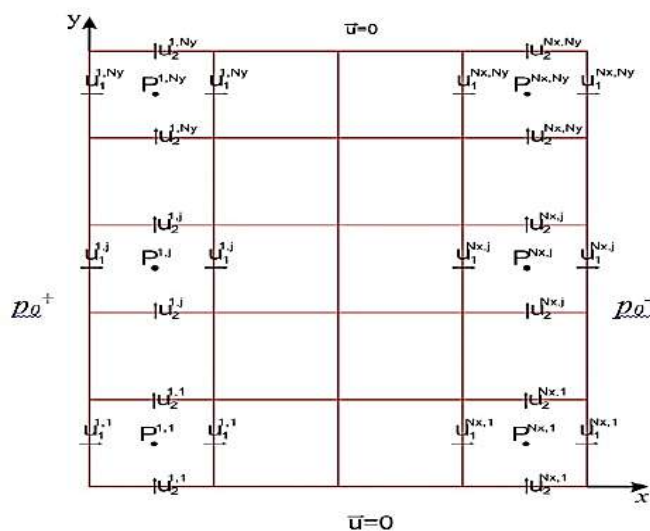
### Зерттеу әдістемесі

*Қысымды коррекциялау процедурасы (Second-Order Projection Method).*

Қысымды түзету процедурасын қолданып, әрбір уақыт мезетінде жылдамдық өрісін есептеу екі кезеңде жүзеге асырылады. Бірінші кезеңде аралық жылдамдық өрісі біртұтастық теңдеуін есепке алмай есептеледі. Екінші кезеңде жылдамдық өрісі біртұтастық теңдеуін қанағаттандыратын етіп түзетіледі. Осылайша, нөлдік дивергенциямен векторлардың кеңістігінде жылдамдық өрісінің «проекциясы» жүзеге асырылады (проекция әдісінің атауы). Егер теңдеуді (2) формальды екі теңдеудің (3), (4) жиынтығын білдіретін болса, бөлшектену схемасын алу оңай:

$$\frac{u^* - u^n}{\Delta t} = g + \frac{1}{\rho^n} (\mu_0 \nabla^2 u^n)_h^n, \quad (3)$$

$$\frac{u^{n+1} - u^*}{\Delta t} = -\frac{\nabla_h p}{\rho^n}. \quad (4)$$



Сурет 1. Есептің сандық шешімі төртбұрышты жылжытылған торлары



Жоғарғы таңба  $n$  ағымдағы уақыт кезеңінде  $t$  айнымалы мәнін білдіреді, ал  $n+1 - t + \Delta t$  уақытына сәйкес уақыт қадамының айнымалысы болып табылады;  $\nabla_h$  - градиенттің шектік-айырым аппроксимасын білдіреді,  $u^*$  - жылдамдық векторының аралық мәні. Көріп отырғанымыздай, теңдеудің (3) және (4) формальды қосу формулалары жуықтаған (1) теңдеуін береді, онда уақыт туындысы бірінші ретті шекті айырым туындысымен "алға" жақындаған (4) қысым төмендегі шарттың қанағаттандырылатындай етіп анықталуы керек:

$$\nabla_h \cdot u^{n+1} = 0. \tag{5}$$

дивергенция операторын теңдеуге (4) қолданып және (5) пайдалана отырып, қысымға арналған Пуассон теңдеуін аламыз:

$$\nabla_h \cdot \left( \frac{1}{\rho^n} \nabla_h p \right) = \frac{1}{\Delta t} \nabla_h \cdot u^*. \tag{6}$$

Қысым табылғаннан кейін теңдеу (4)  $n+1$  қадамында түзетілген жылдамдықты  $u^{n+1}$  анықтау үшін пайдаланамыз. Осылайша, келесі есептеу схемасына келеміз:

1) бірінші кезеңде  $t^n$  уақытында  $u^n$  жылдамдық векторының компоненттері белгілі. Формуланы (3) пайдалана отырып, аралық өрістегі  $u^*$  жылдамдықты табамыз;

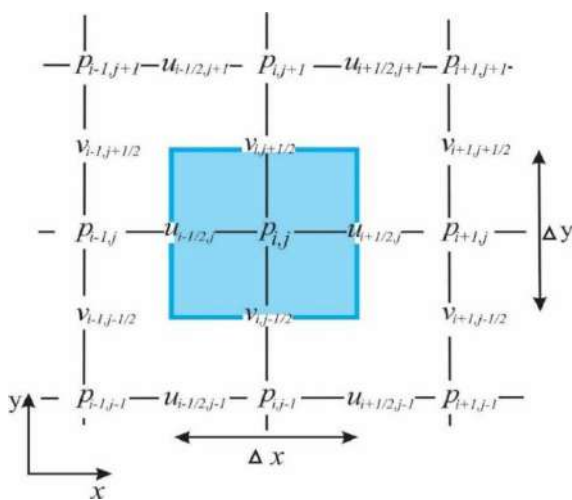
2) екінші кезеңде аралық жылдамдықты  $u^*$  анықталды деп, қысымға арналған Пуассон теңдеуінен (6) біз  $p$  қысымын табамыз;

3) үшінші кезеңде аралық жылдамдықты  $u^*$  және  $p$  қысымы анықталды деп, (4) теңдеуінен  $n+1$  қадамында түзетілген жылдамдықты  $u^{n+1}$  табамыз.

Пуассон теңдеуін (6) әр кезеңдегі уақыт қадамы үшін шешу тікелей итерациялық әдістерді қолдануға болады. Біз SOR (Successive over-relaxation) жоғарғы релаксация әдісін таңдаймыз. Бұл әдістің маңызды артықшылығы әрбір итерацияда қателік коэффициентінің төмендеуі болып табылады. Бұл әдіс оңай программаланады және сонымен қатар, итерация процессін тоқтату критерийі ретінде сәйкессіздіктің нормасын қолдануға ыңғайлы.

*Есептің дискретті кеңістіктігі.*

Есепте уақыт пен кеңістікті дискреттеу үшін интегралды-интерполяциялық әдісі қолданылады (баланс әдісі) [4]. Қаралып отырған аймақта біз тікбұрышты торды енгізіп, қысымды клеткалық орталықтарда анықтаймыз, ал жылдамдық компоненттері оның бүйір жақтарында беріледі (сурет 2).



Сурет 2. Есептің сандық шешімі төртбұрышты жылжытылған торы

Гаусс формуласын және қарапайым теңдеулерді интегралдау техникасын пайдалана отырып теңдеулердің (3), (4), (6) шектік айырым теңдеулерін жазамыз.

Компоненті (3) шектік-айырымдық теңдеудің аналогы ретінде жазуға болады:

$$u_{i+1/2,j}^* = u_{i+1/2,j}^n + \Delta t \left\{ (-A_x)_{i+1/2,j}^n + (g_x)_{i+1/2,j}^n + \frac{1}{\frac{1}{2}(\rho_{i+1,j}^n + \rho_{i,j}^n)} (D_x)_{i+1/2,j}^n \right\}, \quad (7)$$

$$v_{i,j+1/2}^* = v_{i,j+1/2}^n + \Delta t \left\{ (-A_y)_{i,j+1/2}^n + (g_y)_{i,j+1/2}^n + \frac{1}{\frac{1}{2}(\rho_{i,j+1}^n + \rho_{i,j}^n)} (D_y)_{i,j+1/2}^n \right\}, \quad (8)$$

онда келесі белгілер пайдаланылады:

$$(D_x)_{i+1/2,j}^n = \mu_0 \left\{ \left( \frac{u_{i+3/2,j}^n - 2u_{i+1/2,j}^n + u_{i-1/2,j}^n}{\Delta x^2} \right) + \left( \frac{u_{i+1/2,j+1}^n - 2u_{i+1/2,j}^n + u_{i+1/2,j-1}^n}{\Delta y^2} \right) \right\}, \quad (9)$$

және

$$(D_y)_{i,j+1/2}^n = \mu_0 \left\{ \left( \frac{v_{i+1,j+1/2}^n - 2v_{i,j+1/2}^n + v_{i-1,j+1/2}^n}{\Delta x^2} \right) + \left( \frac{v_{i,j+3/2}^n - 2v_{i,j+1/2}^n + v_{i,j-1/2}^n}{\Delta y^2} \right) \right\}. \quad (10)$$

Компоненті (3.57) шектік-айырымдық теңдеудің аналогы ретінде жазуға болады:

$$u_{i+1/2,j}^{n+1} = u_{i+1/2,j}^* + \frac{\Delta t}{\frac{1}{2}(\rho_{i+1,j}^n + \rho_{i,j}^n)} \frac{p_{i+1,j} - p_{i,j}}{\Delta x}, \quad (11)$$

және

$$v_{i,j+1/2}^{n+1} = v_{i,j+1/2}^* + \frac{\Delta t}{\frac{1}{2}(\rho_{i,j+1}^n + \rho_{i,j}^n)} \frac{p_{i,j+1} - p_{i,j}}{\Delta y} \quad (12)$$

Пуассон теңдеуін (3.59) аналогы шектік-айырымдық теңдеуі ретінде жазуға болады:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\Delta x^2} \left( \frac{p_{i+1,j} - p_{i,j}}{\rho_{i+1,j}^n - \rho_{i,j}^n} - \frac{p_{i,j} - p_{i-1,j}}{\rho_{i,j}^n - \rho_{i-1,j}^n} \right) + \frac{1}{\Delta y^2} \left( \frac{p_{i,j+1} - p_{i,j}}{\rho_{i,j+1}^n - \rho_{i,j}^n} - \frac{p_{i,j} - p_{i,j-1}}{\rho_{i,j}^n - \rho_{i,j-1}^n} \right) = \\ & = \frac{1}{2\Delta t} \left( \frac{u_{i+1/2,j}^* - u_{i-1/2,j}^*}{\Delta x} - \frac{v_{i,j+1/2}^* - v_{i,j-1/2}^*}{\Delta y} \right) \end{aligned} \quad (13)$$

Бұл теңдеудің шешімі алгоритмнің көп уақытты қажет ететін бөлігі болып табылады. Жоғарыда айтылғандай, оны шешу үшін SOR әдісі пайдаланылды. Бұл тәсілді пайдалану үшін (3.66) теңдеуін қайта жазамыз, теңдеудің сол жағындағы  $p_{i,j}$  оқшаулау:

$$\begin{aligned}
 p_{i,j}^{\alpha+1} = & \beta \left[ \frac{1}{\Delta x^2} \left( \frac{1}{\rho_{i+1,j}^n - \rho_{i,j}^n} - \frac{1}{\rho_{i,j}^n - \rho_{i-1,j}^n} \right) + \frac{1}{\Delta y^2} \left( \frac{1}{\rho_{i,j+1}^n - \rho_{i,j}^n} - \frac{1}{\rho_{i,j}^n - \rho_{i,j-1}^n} \right) \right]^{-1} \\
 & \left[ \frac{1}{\Delta x^2} \left( \frac{p_{i+1,j}^\alpha}{\rho_{i+1,j}^n - \rho_{i,j}^n} - \frac{p_{i-1,j}^{\alpha+1}}{\rho_{i,j}^n - \rho_{i-1,j}^n} \right) + \frac{1}{\Delta y^2} \left( \frac{p_{i,j+1}^\alpha}{\rho_{i,j+1}^n - \rho_{i,j}^n} - \frac{p_{i,j-1}^{\alpha+1}}{\rho_{i,j}^n - \rho_{i,j-1}^n} \right) - \right. \\
 & \left. - \frac{1}{2\Delta t} \left( \frac{u_{i+1/2,j}^* - u_{i-1/2,j}^*}{\Delta x} - \frac{v_{i,j+1/2}^* - v_{i,j-1/2}^*}{\Delta y} \right) \right] + (1-\beta) p_{i,j}^\alpha
 \end{aligned} \tag{14}$$

Формуладағы (3.67) релаксация параметрі  $\beta > 1$  жағдайында таңдалуы керек. Себебі әдіс тек  $\beta < 2$  тұрақты,  $\beta = 1.2 - 1.5$  параметрді таңдау әдетте жақсы орнықтылыққа әкеледі және жылдамдығы жинақты болып табылады.

Егер уақыт-қадам жеткілікті аз болса, онда сандық алгоритм тұрақты уақыт қадамының өлшемі теңдеудің бөлігімен шектеледі:

$$\frac{\mu \Delta t}{\rho h^2} \leq \frac{1}{4} (\mathbf{u} \cdot \mathbf{u}) \frac{\rho \Delta t}{\mu} \leq 2. \tag{15}$$

мұндағы,  $h$  - ең кіші тор ұяшық мөлшері ( $x$  немесе  $y$ ), және  $\mathbf{u}$  - максималды жылдамдық.

### Зерттеу нәтижелері

Сандық алгоритм және эксперименттер. Жоғарыда сипатталған қысым түзету процедурасына сәйкес алынған дискретті теңдеулер келесі ретпен шешіледі:

1. (1) және (2) теңдеулерді қолдана отырып, (3) және (4) теңдеулердің сәйкес мәндерімен сол мерзімдегі уақыт қадамынан жылдамдықтарды табамыз.

2. (5) және (6) теңдеулерді және шекаралық шарттарын қолдана отырып қысымды табамыз.

3. (5) және (6) теңдеулерді қолдана отырып жылдамдыққа түзету жүргіземіз.

*Араласпайтын сұйықтықтарды беттік фронттың қадағалау.* Екі өзара араласпайтын сұйықтық арасындағы бөлудің динамикасын дәл сипаттау үшін, шекарада анықталған полиномды аппроксимациялаймыз (метод Front tracking) [5]. Бұл әдіс салыстырмалы түрде өрескел торларды пайдаланған кезде сұйықтықтың қозғалысын өте дәл анықтауға мүмкіндік береді. Және әдіс келесі түрде жүзеге асырылады.

Екі ортаның арасындағы интерфейс координаттары қандай да бір тәртіпте беріліп, келесі беттің нүктелері арқылы өтеді деп есептейміз:

$$x_f(l) = (x(l), y(l)), \quad l = 1, \dots, N_f \tag{16}$$

Алдыңғы нүктелерді жылжыту үшін біз жүйелі торда көрсетілген жылдамдық пен тығыздық мәндерін осы түйіндерге интерполяциялаймыз. Интерполяция түрлі жолдармен жасалуы мүмкін, бұл жағдайда біз билинейарлы интерполяциясын қолданамыз. Біріншіден, жүйелі тордың қозғалыс нүктелеріне жақын түйіндерінде анықталады. Содан кейін, табылған нүктелердің координаттары және жылдамдықты пен тығыздығы мәндері бойынша фронттың нүктелеріндегі белгісіз шамалардың өлшенген мәндері есептеледі:

$$\begin{aligned}
 \phi_f^l = & \phi_{i,j} \left( \frac{x_{i+1} - x_f}{\Delta x} \right) \left( \frac{y_{i+1} - y_f}{\Delta y} \right) + \phi_{i,j+1} \left( \frac{x_{i+1} - x_f}{\Delta x} \right) \left( \frac{y_f - y_i}{\Delta y} \right) + \\
 & + \phi_{i+1,j} \left( \frac{x_f - x_i}{\Delta x} \right) \left( \frac{y_{i+1} - y_f}{\Delta y} \right) + \phi_{i+1,j+1} \left( \frac{x_f - x_i}{\Delta x} \right) \left( \frac{y_f - y_i}{\Delta y} \right)
 \end{aligned} \tag{17}$$

Мұндағы  $x_i$  -  $x$ - фронттың сол жағындағы тік жолды тордың нүктесінің координатасы  $y_j$  -  $y$ - фронттың төменгі жағындағы жатық жолды тордың нүктесінің координатасы,  $\phi_{i,j}$  - мәні  $\phi$  -дағы тордың сол жағындағы және төменгі жағындағы фронттың белгіленген нүктесі. Кейін фронттың әрбір нүктесінде жылдамдықтың мәнін анықтаймыз, фронт жылжуы мүмкін. Егер біз уақыт бойынша бірінші ретті қарапайым айқын интегралдасак («алға» айырым), онда фронттың жаңа орналасуы нүктесінің координатасы:

$$x_f^{n+1} = x_f^n + \Delta t u_f^n. \quad (18)$$

*Беттік керілуін есепке алғанда.* Капиллярларда араласпайтын сұйықтықтарды модельдеу кезінде, беттік керілуді ескеру керек, өйткені ол екі ортаның интерфейсінің пішінін қалыптастыруға айтарлықтай әсер етеді. Беттік кернеу күші тек шекараға әрекет етеді және бірлік шекарасының беттік пішінінің мәні келесі формула бойынша беріледі:

$$f_\sigma = \sigma k \mathbf{n} \quad (19)$$

мұндағы  $\sigma$  - беттік керілу коэффициенті,  $k$  - шекаралық қисықтық. Екі өлшемді үшін  $k \mathbf{n}$  мына түрде өрнектеледі:

$$k \mathbf{n} = \frac{\partial t}{\partial s} \quad (20)$$

мұндағы  $t$  - бөліктегі беттің жанамасы.

Егер беттік керілу күші фронттың әрбір біртұтас сегментінде көрсетілсе:

$$\delta f_\sigma^l = \sigma \int \frac{\partial t}{\partial s} ds = \sigma (t_{l+1/2} - t_{l-1/2}) \quad (21)$$

онда бисызықты интерполяция арқылы беттік кернеу күшінің мәндері тұрақты тордың ең жақын түйініне интерполяциялануы мүмкін, онда біз (3.70) формуладан аламыз:

$$(f_\sigma)_{ij} = \sigma \frac{\delta f_\sigma^l \omega_{ij}^l}{\Delta x \Delta y} \quad (22)$$

Қалыпты торда беттік кернеудің күші бар болса, оны шешілген Стокс теңдеулерінің оң жағына қосуға болады. Шекаралық бөлімді қоспағанда беттік кернеу барлық жерде нөлге тең болғандықтан (22) өрнегін дельта-функцияға  $\delta(\mathbf{n})$  көбейту керек:

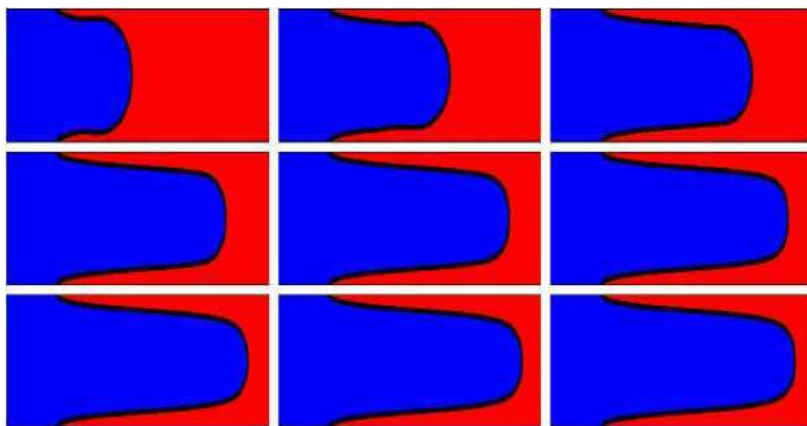
$$\sigma k \mathbf{n} \delta(\mathbf{n}) \quad (23)$$

мұндағы  $\mathbf{n}$  – шекарадағы нормаль.

### Нәтижелерді талқылау

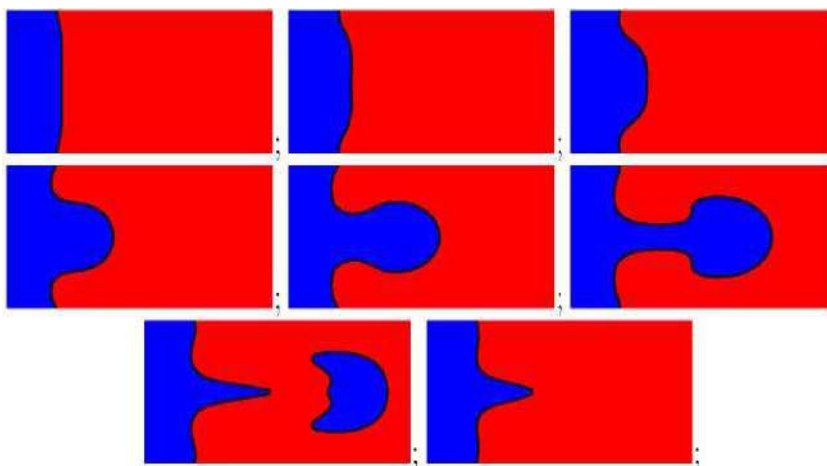
Сандық эксперименттер. *Еркін шекарадағы беттік керілуін ескермегенде ығыстырудың процесі.* Бұл модель үшін екі араласпайтын сұйықтық арасындағы фронттың біртіндеп кеңеюі орын алады, яғни, жабысу шартты орындалады, уақыттың барлық бөлігінде шекара алғашқы контакты араласпайды [6]. Бұл процесс 3-суретте ұсынылған суреттер сериясымен айқын көрінеді.

*Еркін шекарадағы беттік керілуін ескергенде ығыстырудың процесі.* Жоғарыда аталған процестің айрықша ерекшелігі - еркін шекарасынан бөлінетін тамшылардың қалыптасуы. Жоғарыда келтірілген теориядан келіп түскендей, тамшылардың қалыптасуы үшін капиллярдағы қысым беттік кернеу күштерімен теңестірілмеуі керек.



Сурет 3. Еркін шекарадағы беттік керілуін ескермегенде ығыстырудың процесі (фронттың созылу уақытының біркелкі созылуына назар аударамыз)

Осылайша, қысымның шекті мәні бар, оның асып кетуі фронттының «серпілісіне» алып келеді. Бұл белгілі қысымға жеткенде және асып кеткенде тамшы бөлініп шығады, одан кейін сұйықтықтың қайтадан қозғалысы келесі тамшыларды қайталайды [7]. Процесс ағымы 4 суреттегі суреттер сериясымен ұсынылған.



Сурет 4. Еркін шекарадағы беттік керілуін ескергенде ығыстырудың процесі

Фронтан шығып келе жатқан тамшылардың қалыптасуы уақыттың артуымен және кейінгі түзілуімен, келесі тамшылардың қалыптасуына дейін жалғасуда [8].

### Қорытынды

Қабырғалары қатты тікбұрышты капиллярдағы екі фазалық ағынның сандық өлшемді гомогенизациялау екі типтік тұжырымға тән ерекшеліктерін - еркін шекарада және онсыз беткі кернеу болған жағдайда анықтауға мүмкіндік берді. Беткі кернеу болмаған кезде араласатын аймақ пайда болады [9], суқанықтылығы тұрақты түрде бірден нөлге дейін төмендейді. Беттік кернеу болған жағдайда, екі ағым режимі мүмкін: егер босатылған сұйықтықтың қысымы беттік керілу арқылы теңдестірілген болса, еркін шекара стационар болады; қысымның күшеюі режимі босатылған сұйық тамшылардың бос шекарасынан бөлініп, капилляр бойымен оларды одан әрі тарату арқылы жүзеге асырылады. Демек, мұнда кеңейтілген араластыру аймағы пайда болады, бірақ суқанықтылығымен еркін шекарасынан бөлініп шыққан тамшылармен анықталады. Сонымен бірге, Маскет және Баклей - Леверетт модельдері арқылы бірдей геометрия үшін алынатын аналитикалық шешімдер мүлдем басқа ағынды құрылымды береді, бұл олардың физикалық дұрыстығына қатысты үлкен күмән тудырады [10].

Жұмыс ҚР ҒЖБМ ҒК №АР09261179 жобасын гранттық қаржыландыру есебінен орындалды.

Пайдаланған әдебиеттер тізімі:

- 1 Virieux J. P-SV wave propagation in heterogeneous media: velocity-stress finite-difference method // *Geophysics*. - 1986. - Vol. 51, № 4. - P. 889-901.
- 2 Самарский А. А. Введение в теорию разностных схем. - М.: Наука, 1971. - 552 с.
- 3 John B Bell, Phillip Colella, Harland M Glaz. A second-order projection method for the incompressible navier-stokes equations // *Journal of Computational Physics*. - 1989. - Vol. 85, № 2. - P. 257-283.
- 4 Шияпов К.М. Өзара араласпайтын сығылмайтын сұйықтықтың қозғалысың сандық шешу // *Вестник КазНПУ им. Абая* Серия «Физико-математические науки» - 2015. - №3(51), -С.128-133.
- 5 Salih Ozen Unverdi, Greta Tryggvason. A front-tracking method for viscous, incompressible, multi-fluid flows // *Journal of Computational Physics*. - 1992. - Vol. 100, № 1. - P. 25-37.
- 6 Шияпов К.М. Численные моделирование процесса вытеснение нефти водой в капилляре // *Материалы международной конференции Воронежская зимняя математическая школа «Современные методы теории функций и смежные проблемы» - Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2015. - С.157-158.*
- 7 Shiyapov K. The oil-to-water displacement in porous media with and without surface tension: classical models and 1d numerical upscaling // *Innovative development in Oil and Gas industry: proceedings of the VII International and practical conference*. - Almaty, 2015 - P. 311-314.
- 8 Шияпов К. О совместном движении двух несмешивающихся несжимаемых жидкостей в порупругой среде // *Вестник Серия «Физико-математические науки»*. -2016. -№4 (56) .- С.103 - 109.
- 9 Шияпов К.М. Две несмешивающиеся жидкости, разделенные поверхностью контакта без поверхностного натяжения // *Материалы Международной научно-методической конференции «Математика в Казахстане - прошлое и перспективы», посвященной 100-летию Ибрашева Хасана Ибрашевича*. -Алматы, 2016. - С. 110-112.
- 10 Шияпов К.М. Вытеснение нефти водой в капилляре // *Материалы 53-й Международной научной студенческой конференции МНСК-2015: Математика*. - Новосибирск: Новосибир.гос.ун-т, 2015. - С. 98.
- 11 Геологиялық терминологиялық сөздік. - Алматы: Ғылым, 2004. - 450 б.
- 12 Математикалық терминдер мен сөз тіркестерінің орысша-қазақша сөздігі. - Астана, 2011. - 240 б.

References:

- 1 Virieux J. P-SV wave propagation in heterogeneous media: velocity-stress finite-difference method // *Geophysics*. - 1986. - Vol. 51, № 4. - P. 889-901.
- 2 Samarsky A. A. Introduction to the theory of difference schemes. - M.: Nauka, 1971. - 552 p. (In Russian)
- 3 John B Bell, Phillip Colella, Harland M Glaz. A second-order projection method for the incompressible navier-stokes equations // *Journal of Computational Physics*. - 1989. - Vol. 85, № 2. - P. 257-283.
- 4 Shiyapov K.M. Numerical solution of motion of immiscible incompressible fluid // *Bulletin of KazNPU Series of Physics & Mathematical Sciences* - 2015. - №3(51), -P.128-133. (In Kazakh)
- 5 Salih Ozen Unverdi, Greta Tryggvason. A front-tracking method for viscous, incompressible, multi-fluid flows // *Journal of Computational Physics*. - 1992. - Vol. 100, № 1. - P. 25-37.
- 6 Shiyapov K.M. Numerical modeling of the process of displacement of oil by water in the capillary // *Materials of the international conference of the Voronezh Winter Mathematical School "Modern methods of the theory of functions and related problems" - Voronezh: Izdatelsky dom VGU, 2015. - P.157-158. (In Russian)*
- 7 Shiyapov K.M. The oil-to-water displacement in porous media with and without surface tension: classical models and 1d numerical upscaling // *Innovative development in Oil and Gas industry: proceedings of the VII International and practical conference*. - Almaty, 2015 - P. 311-314.
- 8 Shiyapov K.M. On the joint movement of two immiscible incompressible liquids in a porous medium// *Bulletin of KazNPU Series of Physics & Mathematical Sciences*. -2016. -№4 (56) .- P.103 - 109. (In Russian)
- 9 Shiyapov K.M. Two immiscible liquids separated by a contact surface without surface tension // *Materials of the International Scientific and Methodological Conference "Mathematics in Kazakhstan - Past and Prospects", devoted to the 100th anniversary of Ibrashev Hasan Ibrashevich*. - Almaty, 2016. - P. 110-112. (In Russian)
- 10 Shiyapov K.M. Displacement of oil by water in the capillary // *Materials of the 53rd International Scientific Student Conference MNSK-2015: Mathematics*. - Novosibirsk: Novosib State University, 2015. -P. 98. (In Russian)
- 11 Geological terminological dictionary. - Almaty: Gylym, 2004. - 450 p. (In Kazakh)
- 12 Russian-Kazakh dictionary of mathematical terms and phrases. - Astana, 2011. - 240 p. (In Kazakh)

**ФИЗИКАЛЫҚ ПРОЦЕСТЕР МЕН МЕХАНИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ МОДЕЛЬДЕУ**  
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**  
**MODELING OF PHYSICAL PROCESSES AND MECHANICAL SYSTEMS**

МРНТИ 27.41.23; 27.01.45  
УДК 519.688; 372.851

10.51889/2959-5894.2023.82.2.009

*Ж.О. Ахатаева<sup>1</sup>, Г.Р. Коцанова<sup>2</sup>, Л.Д. Диярова<sup>2</sup>, Б.Т. Кулжагарова<sup>2</sup>, Б.А.Мукушев<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Қазақ гуманитарлық-заң инновациялық университеті, Семей қ., Қазақстан*

<sup>2</sup>*Ш.Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, Ақтау қ., Қазақстан*

<sup>3</sup>*С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., Қазақстан*

*\*e-mail: b.mukushev@internet.ru*

**МЕХАНИКАЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАРДЫ СИПАТТАЙТЫН ТРАНСЦЕНДЕНТТІК ТЕНДЕУЛЕРЛЕР**

*Аңдатпа*

Мақалада әртүрлі механикалық құбылыстарды математикалық әдістер көмегімен зерттеу қарастырылған. Зерттеу барысында бұл құбылыстарды сипаттайтын трансценденттік теңдеулер құрылған. Трансценденттік теңдеулерді аналитикалық жолмен шешу мүмкін емес екені белгілі. Сондықтан мұндай теңдеулердің түбірлерін табу оңтайлы әдістері зерттеліп сараланған. Жұмыста трансценденттік теңдеулерді шешудің графикалық және компьютерлік әдістері тиімді тәсілдер ретінде қарастырылды. Теңдеулердің түбірін белгілі бір дәлдікпен табу үшін сандық әдістер қолданылған. Сандық әдістер ретінде біртіндеп жуықтау әдісі, итерациялық әдіс, жартылап бөлу және хорда тәсілдері пайдаланылған. Бірнеше теңдеу компьютерлік бағдарламалар көмегімен шешілген. Аталған бағдарламалар Python және MathCAD ортасында жасалған. Мақалада қарастырылған мысалдарды орындау барысында білім алушыларда механика, математика және компьютерлік ғылымдар арасындағы терең байланысты сипаттайтын білім жүйесі қалыптасады.

**Түйін сөздер:** механикалық құбылыстар, трансценденттік теңдеулер, графикалық әдіс, сандық әдіс, компьютерлік әдіс.

*Аннотация*

*Ж.О. Ахатаева<sup>1</sup>, Г.Р. Коцанова<sup>2</sup>, Л.Д. Диярова<sup>2</sup>, Б.Т. Кулжагарова<sup>2</sup>, Б.А. Мукушев<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Казахский гуманитарно-юридический инновационный университет, г. Семей, Казахстан*

<sup>2</sup>*Каспийский государственный университет технологии и инжиниринга имени Ш.Есенова, г. Актау, Казахстан*

<sup>3</sup>*Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, г. Астана, Казахстан*

**ТРАНСЦЕНДЕНТНЫЕ УРАВНЕНИЯ, ОПИСЫВАЮЩИЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ**

В статье исследованы различные механические явления посредством математических методов. В ходе исследования были созданы трансцендентные уравнения, описывающие некоторые механические явления и объекты. Известно, что трансцендентные уравнения не решаются аналитическим способом. Поэтому разработаны оптимальные методы решения этих уравнений. В работе в качестве эффективных способов решения трансцендентных уравнений выбраны графические и компьютерные методы. Для нахождения корня уравнений с определенной точностью использовались численные методы. В качестве численных методов использовались метод постепенного приближения, итерационный метод, методы половинного деления и хорды. Несколько уравнений решены с помощью компьютерных программ. Указанные программы созданы в среде Python и MathCAD. В процессе выполнения рассмотренных в статье примеров у обучающихся формируется система знаний о глубокой связи между механикой, математикой и компьютерной наукой.

**Ключевые слова:** механические явления, трансцендентные уравнения, графический метод, численный метод, компьютерный метод.

Abstract

**TRANSCENDENTAL EQUATIONS, DESCRIBING MECHANICAL PHENOMENA**

Akhataeva Zh. O.<sup>1</sup>, Kochshanova G.R.<sup>2</sup>, Diyarova L.D.<sup>2</sup>, Kulzhagarova B.T.<sup>2</sup>, Mukushev B.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kazakh humanitarian and legal innovation University, Semey, Kazakhstan

<sup>2</sup>Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yessenov, Aktau, Kazakhstan

<sup>3</sup>S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Nur-Sultan, Kazakhstan

The article investigates various mechanical phenomena by means of mathematical methods. During the research, transcendental equations were created. These equations describe some mechanical phenomena and objects. It is known that transcendental equations are not solved analytically. Therefore, optimal methods for solving these equations have been developed. In this paper, graphic and computer methods are chosen as effective ways to solve transcendental equations. Numerical methods were used to find the root of the equations with a certain accuracy. The numerical methods used were the method of gradual approximation, iterative method, half division and chord methods. Several equations have been solved using computer programs. These programs are created in Python and MathCAD environments. In the process of performing the examples discussed in the article, students form a system of knowledge about the deep connection between mechanics, mathematics and computer science.

**Keywords:** mechanical phenomena, transcendental equations, graphical method, numerical method, computer method.

### Кіріспе

Математикалық теңдеулер теориясында классикалық теңдеулермен қатар (сызықтық, квадрат, тригонометриялық және басқалар) трансценденттік теңдеулер де зерттеледі. Келесі теңдеулер трансценденттік теңдеулердің мысалдары бола алады:

$$2^x - 10x = 0; \quad \ln x - x^2 = 2x; \quad 0,7 \cos x - \sin 1,3 = 0$$

Трансценденттік теңдеулердің басқа теңдеулер түрлерінен айырмашалығы мынада: мұндай теңдеулер аналитикалық әдіспен шешілмейді. Яғни шешімнің соңғы түрі формула түрінде болмайды. Трансценденттік теңдеулер тек сандық әдіспен ғана шешіледі.

Математика ғылымында трансценденттік теңдеулерді зерттеу кезінде олардың қолданбалы мәніне жеткілікті көңіл бөлінбей келеді. Мысалы, сызықтық, квадрат, тригонометриялық, логарифмдік, дифференциалдық және тағы басқа теңдеулерді қолдануға арналған мысалдар физика және механика ғылымдарында көптеп кездеседі, химия ғылымында да аталған теңдеулердің кейбірін кездестіруге болады.

Трансценденттік теңдеулер бойынша жүргізген көп жылдық зерттеуімізге сүйене отырып мына мәселелерді анықтадық: 1) трансценденттік теңдеулермен сипатталатын физикалық немесе механикалық құбылыстар осы уақытқа дейін қарастырылмаған; 2) басқа ғылымдар саласындағы трансценденттік теңдеулердің қолданбалылығы аз зерттелген; 3) қарастырылып отырған теңдеулерді шешудің тиімді әдістері (графиктік, компьютерлік және сандық) жеткілікті қарастырылмаған; 4) механикалық құбылыстарды сипаттайтын трансценденттік теңдеулерді зерттеуде ғылымаралық (междисциплинарный) тұрғыдан талдау тәсілі сирек қолданыс тапқан. Жоғарыда аталған мәселелердің болуы *зерттеудің өзектілігін* көрсетеді.

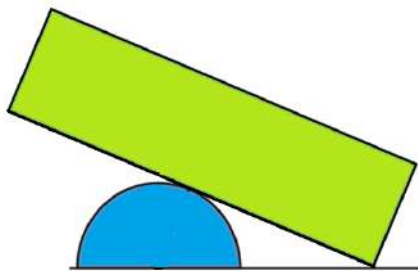
Математикалық теңдеулер теориясындағы жоғарыда келтірілген олқылықтарды жою мақсатында механика бойынша трансценденттік теңдеулермен сипатталатын нысандар мен құбылыстарды құрастыруды және оңтайлы түрде шешуді ұсынылып отырған *жұмыстың мақсаты* ретінде алдық. Механикалық нысандар мен құбылыстар құрастыру және оларды зерттеу барысында әр түрлі трансценденттік теңдеулер алынады.

Аталған мәселелерді зерттеу барысында табылған трансценденттік теңдеулерді шешудің бірнеше тиімді сандық әдістері қарастырылды. Біз осы сандық әдістер ішінен графиктік, *біртіндеп жуықтау әдісі және компьютерлік әдістерді таңдап алдық* және оларды оңтайлы қолдану жолдарын зерттедік [1-4].

### Зерттеу әдіснамасы және нәтижелері

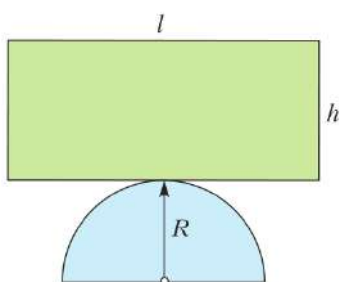
1. *Графиктік әдісті қолдану.* Столға бекітілген жартылай цилиндрде радиусы  $R$  тақтайша тепе-теңдікте тұр. Тақтайшаның қалыңдығы  $h$ , ұзындығы  $l$ , және  $\frac{l}{h} = 3, \frac{R}{h} = 0,6$ . Тақтайшаны горизонталь қалпынан максимал ауытқытқан кезде оның бір жағы стол бетіне тиеді. Тақтайшаны босатсақ ол бастапқы күйіне оралады ма? (Сурет1). Цилиндр мен тақтайшаның арасындағы үйкеліс шексіз үлкен [5].



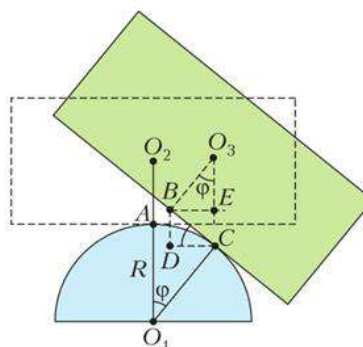


Сурет 1. Тақтайшаның горизонталь қалпынан максимал ауытқуы

Талдау. Алдымен тақтайшаның горизонталь жағдайдан стол болмаған жағдайдағы ауытқуының шекті бұрышын ( $\varphi_{\text{ш}}$ ) табу керек. Егер оның мәні тақтайша мен стол арасындағы бұрыштан көп болса, тақтай бастапқы күйіне оралады.  $\varphi_{\text{ш}}$  мәнді табу үшін стол жазықтығы болмаған жағдайдағы жартылай цилиндр мен тақтайдан тұратын жаңа механикалық жүйені қарастырамыз (Сурет 2).



Сурет 2. Тақтайша мен жарты цилиндрдің бастапқы жағдайы



Сурет 3. Тақтайшаның горизонталь қалпынан ауытқуы

Тақтайша орнықты тепе-теңдікте болады (Сурет 2). Жарты цилиндрдің центрі ( $O_1$ ) және тақтайшаның ауырлық центрі ( $O_2$ ) бір вертикальда жатыр (Сурет 3). Тақтайшаны вертикальдан белгілі бір  $\varphi$  бұрышқа ауытқытамыз. Тіреу нүктесі А нүктесінен С нүктесіне ауысады, ал тақтайшаның жарты цилиндрге тиіп тұрған нүктесі жаңа В жағдайға көшеді. Тақтайша мен жарты цилиндр арасында сырғанау жоқ болғандықтан, АС доғасының ұзындығы ВС кесіндісінің ұзындығына тең:

$$\cup AC = BC = R\varphi.$$

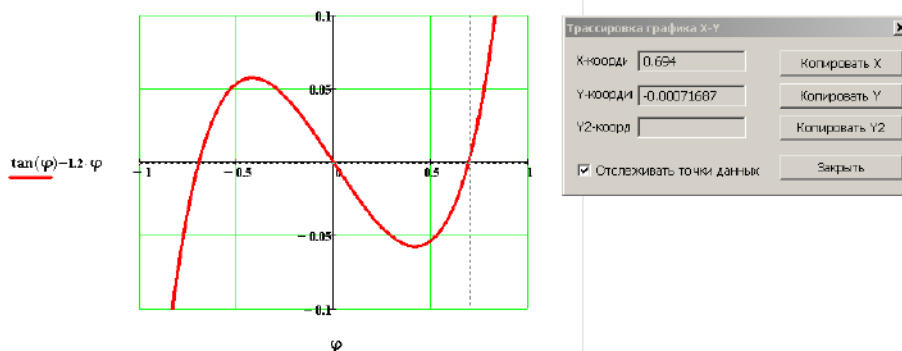
Тақтайшаның ауырлық центрі  $O_2$  жағдайдан  $O_3$  жағдайға өтеді. Егер  $O_3$  арқылы жүргізілген вертикаль жаңа С тіреу нүктесінің сол жағына өтсе, онда ауырлық күші тақтайшаны тепе-теңдік жағдайына қайтаруға тырысады. Демек мынандай шарт орындалуы керек:  $BE \leq DC$ .  $BE = \frac{h}{2} \sin\varphi$  және  $LC = DC \cos\varphi = R\varphi \cos\varphi$  болғандықтан:

$$\frac{h}{2} \sin\varphi \leq R\varphi \cos\varphi, \text{ или } \text{tg } \varphi \leq \frac{2R}{h} \varphi$$

$\frac{R}{h} = 0,6$  болғандықтан  $\text{tg } \varphi \leq 1,2 \varphi$ . Сонымен біз мынандай трансценденттік теңдеуді шешуге тиіспіз:

$$\text{tg } \varphi - 1,2\varphi = 0.$$

Ол үшін *графиктік әдісті* қолданамыз. Mathcad пакеті көмегімен  $y = \text{tg}\varphi - 1,2\varphi$  функциясының графигін декарт координаталар өсінде саламыз (Сурет 4). Графиктен  $0,5 < \varphi < 1$  аралығындағы теңдеудің түбірінің ғана физикалық мағынасы бар екендігі көрініп тұр. Mathcad пакетінде орналасқан «Трассировка» құралының көмегімен теңдеудің түбірін  $0,001$  дәлдікпен табамыз. Тақтайшаның шекті ауытқу бұрышы  $\varphi_{\text{ш}} \approx 0,694$  рад  $\approx 39,6^\circ$ .



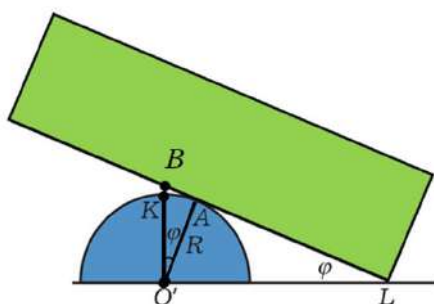
Сурет 4.  $\operatorname{tg}\varphi - 1,2 \varphi = 0$  теңдеуінің шешімі

Енді жартылай цилиндр столға орнатылған жағдайға ораламыз. 5 суреттен

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{O'A}{AL} = \frac{O'A}{BL-BA},$$

мұндағы  $l = 2 BL = 3h = 5R$ ;  $BL = 2,5 R$ ;  $BA = \cup KA = R \varphi$ . Демек

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{R}{2,5R - R\varphi} = \frac{1}{2,5 - \varphi} \quad \text{немесе} \quad \operatorname{tg}\varphi - \frac{1}{2,5 - \varphi} = 0$$



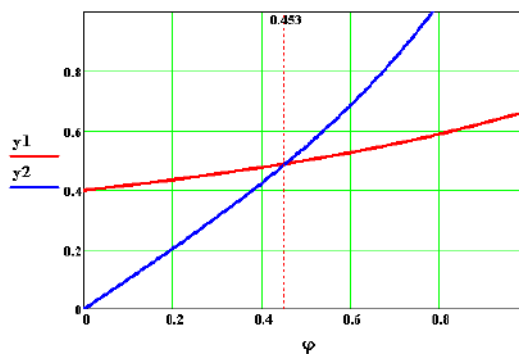
Сурет 5. Столда орналасқан жарты цилиндрде тақтайшаның максимал ауытқуы

Бұл теңдеу де трансценденттік болып табылады. Оны да Mathcad пакеті көмегімен графикалық әдіспен шешеміз (Сурет 6):

$$y = \operatorname{tg} \varphi; \quad y = \frac{1}{2,5 - \varphi}$$

Mathcad ортасында осы екі функцияның дискретті теңдеулерін жазамыз және олардың графиктерінің қиылысу нүктесін табамыз. Сонда шешім 0,001 дәлдікпен табылады. Демек  $\varphi \approx 0,453$ .

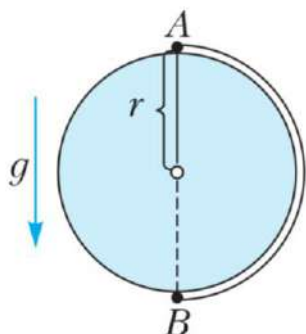
$$\begin{aligned} i &:= 0..1000 & \varphi_i &:= 1 \cdot 0.001 \\ y1_i &:= \frac{1}{2.5 - \varphi_i} & y2_i &:= \tan(\varphi_i) \end{aligned}$$



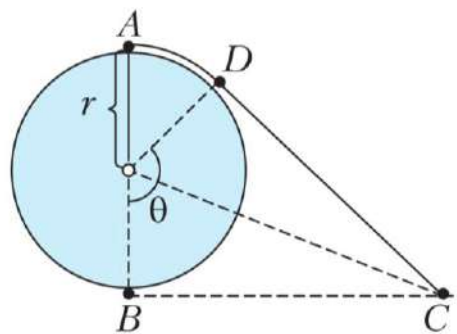
Сурет 6.  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{1}{2,5 - \varphi}$  теңдеуінің графикалық шешімі

Демек жарты цилиндрдің үстінде орналасқан тақтайша стол бетімен мынандай бұрыш ғана жасай алады  $\varphi_{\max} \approx 0,453 \text{ рад} \approx 26^\circ$ .  $\varphi_{\max} < \varphi_{\text{ш.}} = 39,8^\circ$  болғандықтан тақтайша бастапқы жағдайына қайтып келеді.

2. Біртіндеп жуықтау тәсілі. Радиусы R болатын қозғалмайтын дискке оралған жіп жартылай шеңбер құрайды (Сурет 7). Жіптің бір ұшы А нүктесінде бекітілген. Жіптің екінші ұшына жүк байланған және оны В нүктесінде ұстап тұр (А және В нүктелері бір вертикальда орналасқан). Жүкті босатады. Жүк дискден максимал алыстаған кезде жіптің қандай бөлігі дискке тиіп тұрады? Кедергіні елемейміз.



Сурет 7. А нүктесіне байланған жүгі бар жіптің бастапқы жағдай



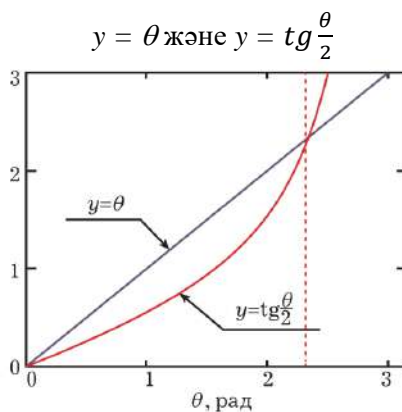
Сурет 8. А нүктесіне байланған жүгі бар жіптің соңғы жағдай

Талдау. Энергияның сақталу заңы бойынша В нүктесі және жүк дискден максимал алыстаған кездегі С нүктесі бір горизонталь бойында жатады (Сурет 8). Суреттен табамыз:  $tg \frac{\theta}{2} = \frac{CD}{r}$

Екінші жағынан BD доғасының ұзындығы CD кесіндінің ұзындығына тең:

$$UBD = CD = r\theta. \text{ Сөйтіп, } tg \frac{\theta}{2} = \theta.$$

Бұл теңдеу трансценденттік. Теңдеуді шешу үшін сандық әдістердің мына бір тәсілін қолданамыз.  $0 < \theta < \pi$  аралығында теңдеудің шешімдерінің санын табу үшін төмендегі функциялардың графиктерін саламыз (Сурет 9):



Сурет 9.  $y = \theta$  және  $y = tg \frac{\theta}{2}$  функцияларының графиктер

Графиктен  $0 < \theta < \pi$  аралығында теңдеу  $\theta = 2$  нүктеге жақын бір ғана түбірге ие болатынын көреміз. Түбірді дәлірек табу үшін сандық әдістер ішінен біртіндеп жуықтау тәсілін таңдап алдық [5].

Бұл әдісті қолдану үшін алдымен теңдеуді мынандай функция түрінде жазамыз:  $\theta_n = f(\theta_{n-1}) = tg \frac{\theta_{n-1}}{2}$

Осы функцияның  $\theta_0 = 2$  нүктесі маңайындағы нөлдік жуықтау мәндерін табамыз:

$$\theta_1 = f(\theta_0) \approx 1,557, \theta_2 = f(\theta_1) \approx 0,986, \theta_3 = f(\theta_2) \approx 0,537, \theta_4 = f(\theta_3) \approx 0,275.$$

Табылған мәндер тізбегі  $\theta_0 = 2$  нүктесінен алыстап бара жатқанын көреміз. Демек функцияны дұрыс таңдаған жоқпыз. Сондықтан оны басқаша түрде жазамыз:

$$\theta_n = F(\theta_{n-1}) = 2 \arctg(\theta_{n-1})$$

Аргументтің  $\theta_0 = 2$  мәні үшін төмендегі сан тізбегін табамыз:

$$\theta_1 = F(\theta_0) \approx 2,214, \theta_2 = F(\theta_1) \approx 2,293, \theta_3 = F(\theta_2) \approx 2,319, \theta_4 = F(\theta_3) \approx 2,327,$$

$$\theta_5 = F(\theta_4) \approx 2,330, \theta_6 = F(\theta_5) \approx 2,331, \theta_7 = F(\theta_6) \approx 2,331.$$

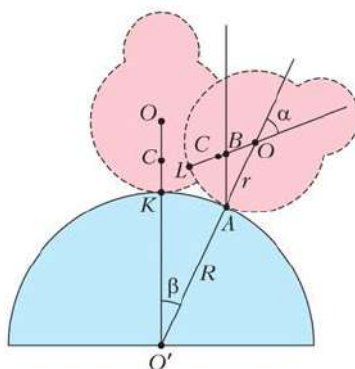
$\theta_6 = \theta_7$  теңдігі жеткілікті дәлдікпен орындалғандықтан  $\theta \approx 2,331$  радиан  $\approx 133,6^\circ$  түрінде жаза аламыз. Трансценденттік теңдеу түбірі табылды. Сөйтіп,

$$\frac{O_{AD}}{O_{AB}} = \frac{\pi - \theta}{\pi} \approx 0,258.$$

### 3. Компьютерлік әдісті қолдану.

*1 мысал.* Радиусы  $R=20$  см болатын жарты шардың үстіне "Ванька-Встанька" ойыншығы қойылған (Сурет 10). Ойыншықтың төменгі аймағы радиусы  $r=5$  см сфера болып табылады.  $C$  – ойыншықтың ауырлық центрі,  $OC=2$  см. Ойыншық бастапқы күйіне қайта алу үшін оны қандай шекті  $\beta_{\max}$  бұрышқа дейін бұруға болады.

*Талдау.* Егер ойыншық, мысалы, оңға қарай ауытқып кетсе, оның ауырлық центрі солай қарай жылжиды (Сурет 10).



Сурет 10. Жарты сфера үстіндегі ойыншықтың әр түрлі жағдайы

Егер ауытқыған ойыншықтың ауырлық центрі ойыншық пен  $A$  тіреу нүктесін қосатын  $AB$  вертикальдың сол жағында болса, ауырлық күшінің моменті ойыншықты бастапқы тепе-теңдік қалпына алып келеді. Егер ауырлық центрі  $AB$ -ның оң жағына өтсе, ойыншық құлап кетеді.

$\alpha$  – ойыншықтың ауытқу бұрышы,  $\beta$  –  $O'A$  радиустың бұрылу бұрышы. И  $LA$  және  $KA$  доғалар өзара тең, демек  $\alpha = \beta R$  бұдан

$$\alpha = \beta \frac{R}{r}$$

$$OAB \text{ үшбұрыштан } \frac{OB}{\sin \varphi} = \frac{AO}{\sin(\pi - \alpha - \beta)} = \frac{r}{\sin(\alpha + \beta)} = \frac{r}{\sin(\beta(1 + R/r))}$$

$$\text{Немесе } OB = \frac{r \sin \beta}{\sin(\beta(1 + R/r))}$$

Егер  $OC > OB$  болса ойыншық бастапқы жағдайына көшеді

$$OC > \frac{r \sin \beta}{\sin(\beta(1 + R/r))}$$

$R/r = 4$  және  $\frac{r}{OC} = \frac{5}{2} = 2,5$  ескерсек мынандай теңдеу аламыз:

$$\sin 5\beta > 2,5 \sin \beta$$

$\beta_{\max}$  бұрышты табу үшін төмендегі тригонометриялық теңдеуді шешеміз:

$$\sin 5\beta_{\max} = 2,5 \sin \beta_{\max}.$$

Бұл теңдеудің аналитикалық шешімі жоқ, демек трансценденттік теңдеуге жатады. Теңдеуді компьютерлік әдіспен шешеміз. Теңдеуді шешу үшін Microsoft Excel, Matlab, Mathematica, Mathcad, Pascal, C++, Python және т.б. программалау ортасын пайдалануға болады.

Төменде  $\sin 5x - 2,5 \sin x = 0$  теңдеуін шешуге арналған Python ортасында жасалған бағдарлама берілген (Листинг 1) [7].

Листинг 1

```

1 import math
2 def f(x):
3     f=math.sin(5*x)-2.5*math.sin(x)
4     return f
5
6 def df(x):
7     df=5*math.cos(5*x)-2.5*math.cos(x)
8     return df
9
10 x=float(input('tybirdin zhuyk mani = '))
11 eps=float(input('kazhetti daldik = '))
12 pf=f(x)/df(x)
13 i=0
14 while abs(pf) > eps:
15     x=x-pf
16     pf=f(x)/df(x)
17     i+=1
18
19 print(f'iterazia cany = {i}')
20 print(f'tybirdin dal mani = {x}')
21

```

```

PS C:\Projects\OTHER\MBA> & C:/Python/Python310/p
tybirdin zhuyk mani = 0.5
kazhetti daldik = 0.0001
iterazia cany = 3
tybirdin dal mani = 0.38476114561012226
PS C:\Projects\OTHER\MBA> █

```

Есептеу нәтижелері: түбірдің жуық мәні – 0.5, қажетті дәлдік – 0,0001, итерациялар саны – 3, 0,3848 радиан шаманы түбірдің жуық мәні ретінде аламыз. Сонымен,  $\beta_{\max} \approx 0,3848$  рад  $\approx 22^\circ$ . Яғни -  $22^\circ < \beta < 22^\circ$  аралығында ойыншық орнықты болады, құламайды.

2 мысал. Жылтыр горизонталь бетте тыныштықта тұрған массасы  $m$  кубик қабырғамен серппе арқылы бекітілген. Осы кубикке оң жақтан массасы  $M$  екінші кубик тұрақты жылдамдықпен қозғалып келеді де, соғады (Сурет 11).

а) Егер  $m/M = 1/2$ ,  $m/M \ll 1$  болған жағдайда бірінші кубиктің тербеліс периодының қандай бөлігі өткеннен кейін кубиктердің екінші соқтығысуы болады?

б)  $\gamma = m/M$  қандай болғанда екінші соқтығысу болмайды?



Сурет 11. Кубиктердің бастапқы жағдайы

Талдау.  $v_0$  – екінші кубиктің бастапқы жылдамдығы.  $v_1$  және  $v_2$  кубиктердің бірінші соққыдан кейінгі жылдамдықтары. Соққыдан кейін екі кубик те солға қарай қозғалады. Механикалық энергияның сақталу заңынан төмендегі теңдеулерді жазамыз

$$Mv_0 = mv_1 + Mv_2, \quad \frac{Mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{Mv_2^2}{2},$$

Бұдан  $v_1 = v_0 \frac{2}{1+\gamma}, v_2 = v_0 \frac{1-\gamma}{1+\gamma}$

Бірінші соқтығысудан кейін екінші кубик бірқалыпты қозғалады және оның координатасы уақытқа байланысты мына заңмен өзгереді:

$$x_2 = v_2 t = v_0 \frac{1-\gamma}{1+\gamma} t$$

Бірінші кубиктің гармониялық тербелісі мына заңға бағынады:  $x_1 = x_m \sin \omega t$

Гармониялық тербелістің жиілігі  $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ , мұндағы  $k$  — серппенің қатандығы.  $x_m$  тербеліс амплитудасын энергияның сақталу заңынан табамыз:

$$\frac{m\vartheta_1^2}{2} = \frac{kx_m^2}{2} \Rightarrow x_m = \frac{\vartheta_1}{\omega} = \frac{2\vartheta_0}{(1+\gamma)\omega}$$

Сөйтіп,  $x_1 = \frac{2\vartheta_0}{(1+\gamma)\omega} \sin \omega t$

Кубиктердің екінші соққысы болу үшін,  $x_1 = x_2$  орындалуы керек. Демек

$$\frac{2\vartheta_0}{(1+\gamma)\omega} \sin \omega t = \vartheta_0 \frac{1-\gamma}{1+\gamma} t$$

Бұдан  $2 \sin \omega t = (1-\gamma)\omega t$

Немесе  $2 \sin(2\pi \frac{t}{T}) = (1-\gamma)2\pi \frac{t}{T}$

мұндағы —  $T$  тербелістер периоды,  $t/T$  — іздеп отырған периодтың бөлігі.

Белгілеу енгіземіз:  $\pi/T = z$ . Сонда жоғарыдағы теңдеудің түрі мынандай болады:

$$\sin 2z = (1-\gamma)z$$

а)  $\gamma = 1/2$  болғанда мынандай трансценденттік теңдеу аламыз:  $\sin 2z = \frac{z}{2}$

$y = \sin 2z$  және  $y = z/2$  теңдеулерінің графиктерін саламыз (Сурет 12). Осы екі графиктің қиылу нүктесі немесе  $\sin 2z = \frac{z}{2}$  теңдеуінің шешімі  $1 < z < 1,5$  интервалында жатқаныны білеміз. Аталған трансценденттік теңдеуді шешу үшін сандық әдістердің бірі — хорда әдісін қолданамыз. Осы әдіске арналған MathCAD ортасында жасалған бағдарлама көмегімен трансценденттік теңдеуді шешеміз (Листинг 2) [8-10].

Листинг 2

**ORIGIN** := 0

$y(z) := \sin(2 \cdot z) - \frac{z}{2}$

$i := 1..10$      $n := 10$

$z_1 := 0.1 + i \cdot \frac{0.9}{n}$

$F_i := y(z_i)$      $z := 1$

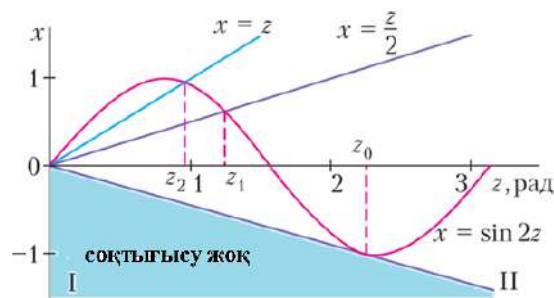
**Given**

$\sin(2 \cdot z) - \frac{z}{2} = 0$     **Find**(z) = 1.237

Сөйтіп жоғарыда қарастырылған трансценденттік теңдеудің шешімін табамыз:  $z_1 \approx 1,237$  рад, немесе  $\pi \frac{t}{T} \approx 1,237$ ,  $\frac{t}{T} \approx 0,39$

Егер  $m \ll M$  болса, онда  $\gamma \rightarrow 0$ , сөйтіп төмендегі теңдеуді аламыз  $\sin 2z = z$

Mathcad пакеті көмегімен  $z_2 \approx 0,948$  рад, немесе  $\frac{t}{T} \approx 0,30$  табамыз.



Сурет 12. Кубиктердің қозғалысын және соқтығысуын сипаттайтын графиктер

б) 12 суреттегі графиктерге сүйене отырып мынандай тұжырым айта аламыз: егер екінші кубиктің түзу қозғалысын сипаттайтын координатаның графигу синусоиданы екінші рет қиып өтпесе, онда кубиктер екінші рет соқтығыспайды. Осы шартты  $O$  нүктесінен шығатын және  $I, II$  түзулердің арасында орналасқан барлық түзу сызықтар қанағаттандырады.  $I$  түзу  $m/M \rightarrow \infty$  жағдайды қанағаттандырады. (оң жақтан солға қарай қозғалып келе жатқан кубиктің массасы өте аз).  $II$  түзу синусоиданың жанамасы болып тұр. Осы деректерді пайдаланып  $\gamma$  шаманы табамыз.

Жанаманың теңдеуінің жалпы түрін жазамыз:

$f(z) = f'(z_0)(z - z_0) + f(z_0)$ , мұндағы  $z_0$  түзудің синусоидамен жанасқан нүктесінің абсциссасы.  
 $f(z) = \sin 2z$  және  $f'(z) = 2 \cos 2z$ .  $O$  нүктесі (координаттар басы) жанаманы теңдеуі былай жазылады:  
 $0 = f'(z_0)(0 - z_0) + f(z_0)$  немесе  $0 = -2 z_0 \cos 2z_0 + \sin 2z_0$ .

Бұдан

$$\operatorname{tg} 2z_0 = 2z_0$$

Сөйтіп жаңа трансценденттік теңдеу алдық. Бұл теңдеуді сандық әдістердің бірі – *жартылай бөлу әдісімен* шештік. Python немесе MathCAD ортасында жасалған бағдарламалар мынандай нәтиже берді: синусоида мен жанаманың ортақ нүктесінің абсциссасы  $z_0 \approx 2,247$  шамаға тең.

$\sin 2z = (1 - \gamma)z$  теңдеуін пайдалана отырып  $\gamma$  мәнін табамыз.

$$\gamma = 1 - \frac{\sin 2z_0}{z_0} \approx 1,434$$

Кубиктер екінші рет соқтығыспау үшін төмендегі шарт орындалуы керек:  $1,434 < \gamma < \infty$

### Қорытынды

Жұмыс механикалық құбылыстарды математикалық әдістер көмегімен зерттеу мәселесіне арналған. Біз аналитикалық шешімі жоқ трансценденттік теңдеулермен сипатталатын механикалық құбылыстарды және нысандарды құрастырдық. Аталған құбылыстар мен нысандарды зерттеу барысында табылған трансценденттік теңдеулерді шешудің бірнеше тиімді сандық әдістері қарастырылды. Біз осы сандық әдістер ішінен графиттік, біртіндеп жуықтау әдісі және компьютерлік әдістерді таңдап алдық. Сонымен қатар осы теңдеуді шешу әдістерін оңтайлы қолдану жолдары зерттелді. Зерттеу барысында төмендегідей ғылыми нәтижелерге қол жетті.

1. Графиттік әдіс MathCAD пакетін қолдану арқылы іске асты. Пакетте орналасқан «Трассировка» құралының көмегімен теңдеудің түбірін 0,001 дәлдікпен таптық. Сонымен қатар трансценденттік теңдеу MathCAD бағдарламасы тілінде жазылды.

2. Біртіндеп жуықтау әдісін қолдануды көрнекі ету мақсатында тербеліс жасайтын күрделі механикалық жүйе құрастырылды. Осы күрделі қозғалысты сипаттайтын жеке бір жағдай аталған сандық әдіс көмегімен жан-жақты зерттелді.

3. Компьютерлік әдіс механикалық жүйенің орнықты тепе-теңдігін және өзара соқтығысатын денелердің әр түрлі жағдайларын сипаттайтын трансценденттік теңдеулерді көрнекі түрде және оңтайлы шешу мақсатында қолданылды. Аталған механикалық нысандарды практикалық амалдарды қолдана отырып жасадық.

4. Мақалада қарастырылған механикалық құбылыстар және нысандарды сипаттайтын трансценденттік теңдеулерді шешу барысында білім алушыларда механика, математика және компьютерлік ғылымдар арасындағы терең байланысқа негізделген білім жүйесі (ғылымаралық білім жүйесі) қалыптасады.

**Қаржыландыру.** Жұмыс Қазақстан Республикасының Жоғары білім және ғылым министрлігінің қаржылық демеуі арқылы орындалды (грант № AP14869376).

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1 Гулин А.В., Мажорова О.С., Морозова В.А. Введение в численные методы в задачах и упражнениях. – Москва: «АРГАМАК-МЕДИА ИНФРА-М», 2014. – 368 с.

2 Yi Wang, Bo Yu, Filippo Berto, Weihua Cai, Kai Bao. Modern numerical methods and their applications in mechanical engineering // *Advances in Mechanical Engineering*. 2019, Vol. 11(11) 1–3 DOI: 0.1177/1687814019887255 <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1687814019887255>

3 Leszek Sow, Zbigniew Saternus, Marcin Kubiak. Numerical Modelling of Mechanical Phenomena in the Gantry Crane Beam // *Procedia Engineering Volume 177*, 2017, P. 225-232 <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.193>

- 4 Skrzypczak T., Węgrzyn-Skrzypczak E. *Mathematical and numerical model of solidification process of pure metals. International Journal of Heat and Mass Transfer*, 55 (15–16) (2012), pp. 4276-4284. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0017931012002190>
- 5 Мукушев Б.А. *Метод графических оценок // Квант.* - 1989, №12.
- 6 Калиткин Н. Н. *Численные методы.* – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. - 592 с.
- 7 Лутц, М. *Программирование на Python. Т. 1 / М. Лутц.* - М.: Символ, 2016. - 992 с.
- 8 Jonathan O. Etcuban, Bell S. Campanilla, Al D. Horteza. *The Use of Mathcad in the Achievement of Education Students in Teaching College Algebra in a University // International electronic journal of mathematics education* 2019, Vol. 14, No. 2, 341-351 <https://doi.org/10.29333/iejme/5718>
- 9 Mark S. Walbert, Anthony L. Ostrosky. *Using Mathcad to Teach Undergraduate Mathematical Economics The Journal of Economic Education* Volume 28, 1997 - Issue 4 Pages 304-315 <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00220489709597935?journalCode=vece20>
- 10 Benker, H. *Practical use of Mathcad: Solving mathematical problems with a computer Algebra system. Springer Science & Business Media. Retrieved from https://goo.gl/P57iwu*

References:

- 1 Gulin A.V., Mazhorova O. S., Morozova V. A. (2014) *Vvedenie v chislennye metody v zadachah i uprazhneniyah [Introduction to numerical methods in problems and exercises].* - Moscow: "ARGAMAK-MEDIA INFRA-M", 368 p. (in Russian).
- 2 Yi Wang, Bo Yu, Filippo Berto, Weihua Cai, Kai Bao. (2019) *Modern numerical methods and their applications in mechanical engineering // Advances in Mechanical Engineering.* Vol. 11(11) 1–3 DOI: 0.1177/1687814019887255 <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1687814019887255>
- 3 Leszek Sow, Zbigniew Saternus, Marcin Kubiak. (2017) *Numerical Modelling of Mechanical Phenomena in the Gantry Crane Beam // Procedia Engineering* Volume 177, P. 225-232 <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.193>
- 4 Skrzypczak T., Węgrzyn-Skrzypczak E. (2012) *Mathematical and numerical model of solidification process of pure metals. International Journal of Heat and Mass Transfer*, 55 (15–16) pp. 4276-4284. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0017931012002190>
- 5 Mukushev B. A. (1989) *Metod graficheskikh ocenok [Method of graphic estimates] // Kvant.* - No. 12. (in Russian).
- 6 Kalitkin N. N. (2011) *CHislennye metody [Chislennye metody].* - St. Petersburg: BKhV-Peterburg, (in Russian).
- 7 Lutz, M. *Programming in Python. Vol. 1 / M. Lutz.* - M.: Symbol, 2016. - 992 p. (in Russian).
- 8 Jonathan O. Etcuban, Bell S. Campanilla, Al D. Horteza. (2019) *The Use of Mathcad in the Achievement of Education Students in Teaching College Algebra in a University // International electronic journal of mathematics education* Vol. 14, No. 2, 341-351 <https://doi.org/10.29333/iejme/5718>
- 9 Mark S. Walbert, Anthony L. Ostrosky. (1997) *Using Mathcad to Teach Undergraduate Mathematical Economics The Journal of Economic Education* Volume 28, Issue 4 Pages 304-315 <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00220489709597935?journalCode=vece20>
- 10 Benker, H. (1999) *Practical use of Mathcad: Solving mathematical problems with a computer Algebra system. Springer Science & Business Media. Retrieved from https://goo.gl/P57iwu*



Г.Е. Берикханова<sup>1</sup>, О.М. Жолымбаев<sup>1</sup>, А.А. Аниязов<sup>2, \*</sup>

<sup>1</sup> Университет имени Шакарима города Семей, г. Семей, Казахстан

<sup>2</sup> Международный университет Астана, г. Астана, Казахстан

\*e-mail: aniyarov.a@gmail.com

## НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ, ПРИВОДЯЩИЕ К УРАВНЕНИЮ БЕССЕЛЯ

### Аннотация

В данной статье рассматривается решение дифференциального уравнения второго порядка с переменными коэффициентами. Сложные механические процессы описываются дифференциальными уравнениями, приводящиеся к уравнению Бесселя. Его применение широко встречается в различных вопросах астрономии, физики и техники. В качестве примера рассматриваются задачи о потери тепла через стенку печи и цилиндрической фильтрации. Составлена математическая модель этих физико – механических процессов. Дифференциальное уравнение, описывающее рассматриваемый процесс, приводится к уравнению Бесселя. При решении задачи так же используется функция Бесселя, его свойства и производные. Так же применяется таблицы значения функции Бесселя и рекуррентные формулы для этой функции. Искомое решение представляется в виде степенного ряда и выражается через функции Бесселя.

**Ключевые слова:** переменный коэффициент, уравнение Бесселя, теплопроводность, тепловой баланс, фильтрация, напор.

### Аңдатпа

Г.Е. Берікханова<sup>1</sup>, О.М. Жолымбаев<sup>1</sup>, А.А. Аниязов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Семей қаласының Шәкәрім атындағы университет, Семей қ., Қазақстан

<sup>2</sup> Астана халықаралық университеті, Астана қ., Қазақстан

## БЕССЕЛ ТЕНДЕУІНЕ КЕЛТІРІЛЕТІН КЕЙБІР ФИЗИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕР

Бұл мақалада айнымалы коэффициентті екінші ретті дифференциалдық теңдеуді шешу қарастырылады. Күрделі механикалық процестер Бессель теңдеуіне келтірілетін дифференциалдық теңдеулер арқылы сипатталады. Бұл теңдеу астрономияның, физиканың және техниканың әртүрлі салаларында кеңінен қолданылады. Мысал ретінде пеш қабырғасы арқылы жылуды жоғалту және цилиндрилік фильтрлеу (сүзу) туралы есептер қарастырылады. Осы физика – механикалық процестердің математикалық моделі құрылды. Процесті сипаттайтын дифференциалдық теңдеу Бессель теңдеуіне келтіріледі. Есепті шешу барысында Бессель функциясы, оның қасиеттері және туындылары қолданылады. Сонымен қатар Бессель функциясының таблицалық мәндері және осы функция үшін рекурренттік формула қолданылады. Ізделінді шешім дәрежелік қатар түрінде қарастырылып, Бессель функциясы арқылы өрнектеледі.

**Түйін сөздер:** айнымалы коэффициент, Бессель теңдеуі, жылу өткізгіштік, жылу балансы, фильтрлеу, қысым.

### Abstract

## SOME PHYSICAL PROBLEMS THAT LEAD TO THE BESSEL EQUATION

Berikhanova G.E.<sup>1</sup>, Zholymbayev O.M.<sup>1</sup>, Aniyarov A.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Shakarim University of Semey, Semey, Kazakhstan

<sup>2</sup> Astana International University, Astana, Kazakhstan

In this study, we consider a solution of second-order differential equation with variable coefficients. Complex mechanical processes are described by differential equations leading to the Bessel equation. Its application is widely found in various issues of astronomy, physics and technology. As an example, the problems of heat loss through the furnace wall and cylindrical filtration are considered. A mathematical model of these physical and mechanical processes has been compiled. The differential equation describing the considered process is reduced to the Bessel equation. Bessel function, its properties and derivatives are used when solving the problem. The tables of the value of the Bessel function and recurrent formulas for this function are also used. The desired solution is represented as a power series and expressed in terms of the Bessel functions

**Keywords:** variable coefficient, Bessel equation, thermal conductivity, thermal balance, filtration, pressure.

## Введение

В основе описания математической модели физико-механических задач лежит перевод ее условий на математический язык. Решение полученной математической задачи, а также их оценка должны удовлетворять условиям данной задачи. При решении физико-химических задач, приводящихся к дифференциальным уравнениям, не существует общих методов построения математической модели. А навыки в этой области могут быть приобретены в результате конкретных задач [1].

Используя дифференциальные уравнения можно установить связь между основным физическим законом и целой группой переменных, имеющих большое значение при исследовании физических проблем. Применение даже наиболее простого физического закона к рассматриваемому процессу, протекающему при переменных условиях, приведет к сложному соотношению между переменными величинами. Например, известно дифференциальное уравнение, устанавливающее зависимость между температурой  $t$  и координатой  $x$  точки нагретого стержня, отдающего свое тепло окружающей среде

$$\frac{d^2t}{dx^2} = \frac{\alpha P}{\lambda A}(t - t_s),$$

где  $t_s$  - температура окружающей среды,  $\alpha$  - коэффициент теплоотдачи от стержня к окружающей среде,  $P$  - периметр стержня,  $\lambda$  - коэффициент теплопроводности,  $A$  - площадь сечения [2]. Это дифференциальное уравнение с постоянными коэффициентами.

## Физические задачи, приводящие к уравнению Бесселя

Сложные физические процессы описываются дифференциальными уравнениями с переменными коэффициентами. Если при помощи замены переменных линейное уравнение с переменными коэффициентами преобразовать в уравнение с постоянными коэффициентами, то с помощью обратного преобразования найдем решение данного уравнения в элементарных функциях [3]. Примерами таких уравнений является уравнение Бесселя.

Дифференциальное уравнение вида

$$x^2 \frac{d^2y}{dx^2} + x \frac{dy}{dx} + (x^2 - n^2)y = 0$$

называется уравнением Бесселя. К интегрированию этого уравнения приводятся многие задачи астрономии, физики и техники [4]. Нам известно, что данное уравнение интегрируется в элементарных функциях при  $n = \frac{1}{2}$  и целых значениях [2].

Рассмотрим физические задачи, которые приводятся к уравнению Бесселя.

1. Потеря тепла происходит за счет ее перехода к воздуху от листового металла, покрывающего изоляцию печи. Металлическое покрытие представляет собой сталь толщиной  $a$  с теплопроводностью  $\lambda$ . Коэффициент теплоотдачи от стенки к воздуху  $\alpha$ . Диаметр головки болта 5см. Температура окружающей среды  $t_0$ , температура головки болта постоянная и равна 150 град. Считая, что тепловые потери обуславливаются только теплопроводностью стержня болта, определим температуру наружной металлической стенки в нескольких точках на расстоянии до 1 м от болта [5].

По условию задачи составим математический модель. Для этого необходимо ввести следующие переменные величины:  $t$  - температуру и  $r$  - координату положения точки. Температура симметрична относительно головки болта.

Для радиуса  $r$  скорость притока тепла имеет вид:

$$q = 2\pi r a \lambda \frac{dt}{dr}$$

Скорость отдачи тепла для  $r + \Delta r$  радиальной длины будет:

$$\frac{dq}{dr} = \frac{d}{dr} \left( 2\pi r a \lambda \frac{dt}{dr} \right), \quad \frac{dq}{dr} = 2\pi a \lambda \frac{d}{dr} \left( r \frac{dt}{dr} \right), \quad \frac{dq}{dr} = 2\pi a \lambda \left( \frac{dt}{dr} + r \frac{d^2t}{dr^2} \right)$$

или

$$dq = 2\pi a \lambda \left( \frac{dt}{dr} + r \frac{d^2t}{dr^2} \right) dr \quad (1)$$

$\alpha$  - коэффициент теплоотдачи от стенки к воздуху. Тогда скорость количества тепла, отданного элементом кольцевой поверхности в атмосферу, имеет вид [6]:

$$\frac{dq}{dr} = \alpha(t - t_0) 2\pi r$$

или

$$dq = \alpha(t - t_0) 2\pi r dr \quad (2)$$

где  $t$  - температура металла в данной точке. Приравнявая (1) и (2), из теплового баланса для кольцевой поверхности, имеем:

$$2\pi a \lambda \left( \frac{dt}{dr} + r \frac{d^2t}{dr^2} \right) dr = \alpha(t - t_0) 2\pi r dr,$$

сократив равенство на  $2\pi dr$ , получим:

$$a\lambda \left( \frac{dt}{dr} + r \frac{d^2t}{dr^2} \right) = \alpha(t - t_0)r,$$

При постоянных положительных значениях  $\lambda$  и  $a$  получим:

$$\frac{dt}{dr} + r \frac{d^2t}{dr^2} = \frac{\alpha(t - t_0)}{a\lambda} r, \quad r \frac{d^2t}{dr^2} + \frac{dt}{dr} - \frac{\alpha(t - t_0)}{a\lambda} r = 0,$$

или

$$\frac{d^2t}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dt}{dr} - \frac{\alpha(t - t_0)}{a\lambda} = 0 \quad (3)$$

Пусть  $y = t - t_0$  и  $\beta = \frac{\alpha}{a\lambda}$ , тогда из уравнения (3) будем иметь:

$$r^2 \frac{d^2y}{dr^2} + r \frac{dy}{dr} - \beta r^2 y = 0 \quad (4)$$

Это дифференциальное уравнение можно привести к уравнению Бесселя. Введем новую независимую переменную  $z$  и функцию  $u$  по формулам [7]:

$$y = u \quad (5)$$

где  $u = u(z)$  и  $r = \frac{z}{\sqrt{\beta}}$ . Находим производные первого и второго порядка.

$$\frac{dy}{dr} = \frac{dz}{dr} = \frac{dz}{1} = \sqrt{\beta} \frac{du}{dz},$$

аналогично находим

$$\frac{d^2 y}{dr^2} = \sqrt{\beta} \frac{\frac{d}{dz} \left( \frac{du}{dz} \right)}{\frac{dr}{dz}} = \sqrt{\beta} \frac{\frac{d^2 u}{dz^2}}{\frac{1}{\sqrt{\beta}}} = \beta \frac{d^2 u}{dz^2}.$$

Подставляя в (4) вместо  $r, y, \frac{dy}{dr}, \frac{d^2 y}{dr^2}$  выражение через  $z$  и  $u$ , получим уравнение Бесселя [8]:

$$\frac{z^2}{\beta} \cdot \beta \frac{d^2 u}{dz^2} + \frac{z}{\sqrt{\beta}} \cdot \sqrt{\beta} \frac{du}{dz} - \beta \cdot \frac{z^2}{\beta} u = 0.$$

Упростив уравнение, получим:

$$z^2 \frac{d^2 u}{dz^2} + z \frac{du}{dz} - z^2 u = 0, \quad (6)$$

Так как по формуле [7, 147] индекс  $p = 0$ , тогда общее решение уравнения (6) имеет вид:

$$u = C_1 J_0(z) + C_2 Y_0(z).$$

Переходя к переменным  $r$  и  $y$  по формулам  $u = y, z = r\sqrt{\beta}$ , которые получаются из (5), получаем общее решение данного уравнения:

$$u = C_1 J_0(r\sqrt{\beta}) + C_2 Y_0(r\sqrt{\beta}), \quad (7)$$

Решение задачи исследуем при определенных значениях параметров [5]. Допустим,  $a = 1,5$  см;  $\lambda = 400$  ккал/м·ч·град.,  $\alpha = \frac{12 \text{ ккал}}{\text{м}^2} \cdot \text{град.}$ , диаметр головки болта 5 см,  $t_0 = 70^\circ$ .

Из таблицы значения функций Бесселя [4] видно, что слагаемое  $J_0(r\sqrt{\beta})$  не имеет физического смысла. Значение функции увеличивается с возрастанием  $r$  и невозможно определять температуру и уменьшается достигая асимптотической величины  $20^\circ \text{C}$  [5].

Следовательно, будем иметь:

$$t - 20 = C_2 Y_0(r\sqrt{\beta}) \quad (8)$$

Теперь проверим, что функция  $y = C_2 Y_0(r\sqrt{\beta})$  является решением уравнение (7). Для удобства, пусть постоянная  $C_2 = 1$ . Находим производных функции Бесселя:

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dr} &= -\sqrt{\beta} Y_1(r\sqrt{\beta}), \\ \frac{d^2 y}{dr^2} &= \frac{d}{dr} (-\sqrt{\beta} Y_1(r\sqrt{\beta})) = -\sqrt{\beta} \frac{d}{dr} (Y_1(r\sqrt{\beta})) = \\ &= -\sqrt{\beta} \left( \frac{Y_1(r\sqrt{\beta})}{r} - \sqrt{\beta} Y_2(r\sqrt{\beta}) \right) = -\frac{\sqrt{\beta}}{r} Y_1(r\sqrt{\beta}) + \beta Y_2(r\sqrt{\beta}). \end{aligned}$$

Если полученные выражения подставлять в (4), то его левая часть имеет вид:

$$-r\sqrt{\beta} Y_1(r\sqrt{\beta}) + r^2 \beta Y_2(r\sqrt{\beta}) - r\sqrt{\beta} Y_1(r\sqrt{\beta}) - r^2 \beta Y_0(r\sqrt{\beta}) =$$

$$= -2r\sqrt{\beta}Y_1(r\sqrt{\beta}) + r^2\beta(Y_2(r\sqrt{\beta}) - Y_0(r\sqrt{\beta})).$$

Нам известна рекуррентная формула для функции Бесселя  $Y_n(x)$ .

$$Y_{n-1}(x) - Y_{n+1}(x) = -\frac{2n}{x}Y_n(x).$$

По этой формуле вычислим:

$$\begin{aligned} Y_0(r\sqrt{\beta}) - Y_2(r\sqrt{\beta}) &= -\frac{2}{r\sqrt{\beta}}Y_1(r\sqrt{\beta}). \\ -2r\sqrt{\beta}Y_1(r\sqrt{\beta}) - r^2\beta(Y_0(r\sqrt{\beta}) - Y_2(r\sqrt{\beta})) &= \\ = -2r\sqrt{\beta}Y_1(r\sqrt{\beta}) - r^2\beta\left(-\frac{2}{r\sqrt{\beta}}Y_1(r\sqrt{\beta})\right) &= \\ -2r\sqrt{\beta}Y_1(r\sqrt{\beta}) + 2r\sqrt{\beta}Y_1(r\sqrt{\beta}) &= 0 \end{aligned}$$

Тогда значение выражений  $Y_2(r\sqrt{\beta}) - Y_0(r\sqrt{\beta}) = 0$ . Отсюда следует, что  $Y_0(r\sqrt{\beta})$  является решением уравнения (4).

Воспользуясь числовыми значениями параметров, находим:

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{\alpha}{\lambda a} = \frac{12}{40 \cdot 0,015} = 20 \\ r_0 &= \frac{0,05}{2} = 0,025 \end{aligned}$$

И так:

$$150 - 70 = C_2 Y_0(0,025\sqrt{20}) = C_2 Y_0(0,116) = 2,3C_2$$

Следовательно  $C_2 = 34,8$ . Тогда искомая температура наружной стенки:

$$t - 70 = 34,8 Y_0(r\sqrt{20}).$$

**2.** В цилиндрическом фильтре осадке с общим коэффициентом фильтрования  $k$  имеется центральное отверстие с радиусом  $r_0$ . Будем принимать, что у концов фильтрующего цилиндра, вследствие недостаточной очистки их, жидкость течет через поры осадка вертикально. Напоры жидкости у верхнего и нижнего концов цилиндра примем, соответственно, равным  $h_1$  и  $h_2$ , а коэффициенты фильтрования  $k_1$  и  $k_2$ . Требуется определить напор  $h$  в слое, находящемся на расстоянии  $r$  от средней части фильтра [5].

Для описание математической модели по условию задачи, изучим данный процесс.

Через среднюю часть фильтра длиной  $l$  процесс идет горизонтально. У верхнего края аппарата длиной  $l_1$  процесс проходит вертикально. Длиною  $l_2$ , такая же часть будет и у нижнего края.

Рассматривается в средней части аппарата кольцо толщиной  $dr$  и высотой  $l$ . Данное кольцо ограничено сверху и снизу линиями напоров  $h$ , которые обеспечивают цилиндрическое фильтрование к стенке аппарата.

Разность объемов втекающей и вытекающей жидкости через цилиндрические поверхности кольца за единицу времени есть:

$$2k\pi l \frac{d}{dr} \left( r \frac{dh}{dr} \right) dr \tag{9}$$

По условию задачи, через верхние и нижнее основания кольца напора равного  $h$  за единицу времени втекает жидкость объемом соответственно [5]:

$$2\pi rk_1 \frac{h_1 - h}{l_1} dr \quad (10)$$

$$2\pi rk_2 \frac{h_2 - h}{l_2} dr \quad (11)$$

В выражениях (10) и (11) величины  $k_1 \frac{h_1 - h}{l_1}$  и  $k_2 \frac{h_2 - h}{l_2}$  представляют скорости фильтрации жидкости верхний и нижний слои осадка с высотами соответственно  $l_1$  и  $l_2$ .

Чтобы найти изменение объема жидкости внутри рассматриваемого кольца за единицу времени, сложим выражения (9), (10), (11).

$$2k\pi l \frac{d}{dr} \left( r \frac{dh}{dr} \right) dr + 2\pi rk_1 \frac{h_1 - h}{l_1} dr + 2\pi rk_2 \frac{h_2 - h}{l_2} dr \quad (12)$$

Из-за несжимаемости жидкости, изменение объема равняется нулю. Тогда получим:

$$2k\pi l \frac{d}{dr} \left( r \frac{dh}{dr} \right) dr + 2\pi rk_1 \frac{h_1 - h}{l_1} dr + 2\pi rk_2 \frac{h_2 - h}{l_2} dr = 0 \quad (13)$$

Сократив обе части на  $2\pi dr$  получим уравнение неразрывности в виде:

$$kl \frac{d}{dr} \left( r \frac{dh}{dr} \right) + rk_1 \frac{h_1 - h}{l_1} + rk_2 \frac{h_2 - h}{l_2} = 0 \quad (14)$$

или

$$kl \left( \frac{dh}{dr} + r \frac{d^2 h}{dr^2} \right) + rk_1 \frac{h_1 - h}{l_1} + rk_2 \frac{h_2 - h}{l_2} = 0,$$

$$klr \frac{d^2 h}{dr^2} + kl \frac{dh}{dr} + rk_1 \frac{h_1 - h}{l_1} + rk_2 \frac{h_2 - h}{l_2} = 0,$$

Разделив обе части уравнения на  $klr$  и упростив, получим:

$$\frac{d^2 h}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dh}{dr} + \frac{k_1}{kl} \cdot \frac{h_1 - h}{l_1} + \frac{k_2}{kl} \cdot \frac{h_2 - h}{l_2} = 0,$$

$$\frac{d^2 h}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dh}{dr} + \frac{k_1 h_1}{kll_1} - \frac{k_1 h}{kll_1} + \frac{k_2 h_2}{kll_2} - \frac{k_2 h}{kll_2} = 0,$$

или

$$\frac{d^2 h}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dh}{dr} - \frac{h}{kl} \left( \frac{k_1}{l_1} + \frac{k_2}{l_2} \right) + \frac{1}{kl} \left( \frac{k_1 h_1}{l_1} + \frac{k_2 h_2}{l_2} \right) = 0,$$

$$\frac{d^2h}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dh}{dr} - \frac{1}{kl} \left( \frac{k_1}{l_1} + \frac{k_2}{l_2} \right) \left( h - \frac{\frac{k_1 h_1 + k_2 h_2}{l_1 + l_2}}{\frac{k_1 + k_2}{l_1 + l_2}} \right) = 0,$$

$$\frac{d^2h}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dh}{dr} - \frac{1}{kl} \left( \frac{k_1}{l_1} + \frac{k_2}{l_2} \right) \left( h - \frac{\frac{k_1 l_2 h_1 + k_2 l_1 h_2}{l_1 l_2}}{\frac{k_1 l_2 + k_2 l_1}{l_1 l_2}} \right) = 0,$$

$$\frac{d^2h}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dh}{dr} - \frac{1}{kl} \left( \frac{k_1}{l_1} + \frac{k_2}{l_2} \right) \left( h - \frac{k_1 l_2 h_1 + k_2 l_1 h_2}{k_1 l_2 + k_2 l_1} \right) = 0 \quad (15)$$

Введем следующее обозначение:

$$\eta = \frac{1}{kl} \left( \frac{k_1}{l_1} + \frac{k_2}{l_2} \right), \quad H_0 = h - \frac{k_1 l_2 h_1 + k_2 l_1 h_2}{k_1 l_2 + k_2 l_1}.$$

$\eta$  и  $H_0$  – постоянные числа. Тогда уравнение (15) имеет вид:

$$\frac{d^2h}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dh}{dr} - \eta(h - H_0) = 0 \quad (16)$$

В уравнение (16) введем новую искомую функцию  $S = h - H_0$ . Тогда уравнение (16) запишем в виде

$$\frac{d^2S}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dS}{dr} - \eta S = 0$$

$$r^2 \frac{d^2S}{dr^2} + r \frac{dS}{dr} - \eta r^2 S = 0 \quad (17)$$

Дифференциальное уравнение (17) можно привести к уравнению Бесселя.

Для этого введем новую независимую переменную  $t$  и функцию  $u$  по формулам [7]:

$$S = u, \quad r = \frac{t}{\sqrt{\eta}} \quad (18)$$

Находим производные первого и второго порядка.

$$\frac{dS}{dr} = \frac{\frac{dS}{dt}}{\frac{dr}{dt}} = \frac{\frac{du}{dt}}{\frac{1}{\sqrt{\eta}}} = \sqrt{\eta} \frac{du}{dt},$$

$$\frac{d^2S}{dr^2} = \sqrt{\eta} \frac{\frac{d}{dr} \left( \frac{du}{dt} \right)}{\frac{dr}{dt}} = \sqrt{\eta} \frac{\frac{d^2u}{dt^2}}{\frac{1}{\sqrt{\eta}}} = \eta \frac{d^2u}{dt^2}$$

Подставляя в (17) вместо  $r, S, \frac{dS}{dr}, \frac{d^2S}{dr^2}$  выражения через  $t$  и  $u$ , получим:

$$\frac{t^2}{\eta} \cdot \eta \frac{d^2u}{dt^2} + \frac{t}{\sqrt{\eta}} \cdot \sqrt{\eta} \frac{du}{dt} - \eta \cdot \frac{t^2}{\eta} u = 0,$$

$$t^2 \frac{d^2u}{dt^2} + t \frac{du}{dt} - t^2 u = 0 \quad (19)$$

Уравнение (19) есть уравнение Бесселя. Вычисляя по формуле из [7], находим, что индекс  $p = 0$ . Тогда общее решение (19) будет:

$$u = AJ_0(t) + BY_0(t).$$

Переходя к переменным  $r$  и  $S$  по формулам  $u = S, t = r\sqrt{\eta}$ , которые получаются из (18), общий интеграл решения уравнения (17) имеет вид:

$$S = AJ_0(r\sqrt{\eta}) + BY_0(r\sqrt{\eta}) \quad (20)$$

Здесь  $A$  и  $B$  постоянные,  $J_0(r\sqrt{\eta})$  и  $Y_0(r\sqrt{\eta})$  функции Бесселя нулевого порядка [4]. Учитывая, что  $S = h - H_0$ , получим:

$$h = H_0 + AJ_0(r\sqrt{\eta}) + BY_0(r\sqrt{\eta}) \quad (21)$$

В работе [10] было отмечено, что при  $x$  стремящемся к бесконечности, значение функции Бесселя  $J_0(x)$  неограниченно возрастает. Отсюда следует, что в общем интеграле (21) должно быть  $A = 0$ . Тогда получим решение вида

$$h = H_0 + BY_0(r\sqrt{\eta}) \quad (22)$$

Для определения значение  $B$ , находим скорость процесса у стенки аппарата:

$$W = -k \frac{dh}{dr} = \frac{V}{2\pi r_0 l},$$

или

$$\frac{dh}{dr} = -\frac{V}{2\pi r_0 kl}, \quad (23)$$

где  $V$  - расход фильтрата.

Теперь дифференцируем уравнение (22):

$$\frac{dh}{dr} = B\sqrt{\eta} Y_0'(r\sqrt{\eta}).$$

Используем свойства производных функции Бесселя [9], что  $Y_0'(r\sqrt{\eta}) = -Y_1(r\sqrt{\eta})$ , тогда

$$\frac{dh}{dr} = -B\sqrt{\eta} Y_1(r\sqrt{\eta}).$$



У стенок аппарата, когда  $r = r_0$ , производная имеет вид:

$$\frac{dh}{dr} = -B\sqrt{\eta}Y_1(r_0\sqrt{\eta}) \quad (24)$$

Приравнивая правые части (23) и (24), получим:

$$\frac{V}{2\pi r_0 kl} = B\sqrt{\eta}Y_1(r_0\sqrt{\eta}),$$

и отсюда

$$B = \frac{V}{2\pi r_0 kl \sqrt{\eta} Y_1(r_0\sqrt{\eta})}.$$

И так, из уравнения (22) получаем окончательное выражение для напора:

$$h = H_0 - \frac{V Y_0(r\sqrt{\eta})}{2\pi r_0 kl \sqrt{\eta} Y_1(r_0\sqrt{\eta})}. \quad (25)$$

Здесь расход фильтрата  $V$  берется с отрицательным знаком. При определенных значениях параметров,  $Y_0(r\sqrt{\eta})$  и  $Y_1(r_0\sqrt{\eta})$  находим из таблицы функций Бесселя [9].

### Дискуссия

Решения линейного дифференциального уравнения с переменными коэффициентами выше первого порядка не выражаются через элементарные функции. Интегрирование такого уравнения не приводится к квадратурам. Наиболее удобным приемам является представление искомого решения в виде степенного ряда [11], [12]. Данный метод является удобным в применении к линейным дифференциальным уравнениям второго порядка, приводящееся к уравнению Бесселя. Искомое решение представляется в виде степенного ряда и выражается через функции Бесселя [13].

### Заключение

Применение уравнение Бесселя широко встречаются в различных вопросах механики. Сложные процессы описываются дифференциальными уравнениями с переменными коэффициентами. С помощью замены переменных приведем их к уравнению Бесселя. Искомое решение представляется в виде степенного ряда [4].

Имеется ряд дифференциальных уравнений, решение которых выражаются через функции Бесселя. Между тремя функциями Бесселя, индексы которых отличаются на единицу, существует простая линейная зависимость, обеспечивающая рекуррентную формулу для этой функции [14]. Решение многих технических задач приводится к уравнению вида

$$x^2 \frac{d^2 y}{dx^2} + ax \frac{dy}{dx} + (b + cx^m) y = 0,$$

который дает обширный класс линейных дифференциальных уравнений [7]. Данное уравнение приводится при помощи введения нового переменного к уравнению Бесселя. Его общий интеграл, как мы видим в приведенных задачах, выражается через функции Бесселя.

Список использованных источников:

- 1 Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств.- М: Высшая школа. 1991.-400с.
- 2 Степанов В.В. Курс дифференциальных уравнений. М.: КомКнига, 2006. - 472 с.
- 3 Арсенин В. А. Методы математической физики и специальные функции. М.: Наука, 1984. - 384 с.

- 4 Матвеев Н.М. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. - М.: Высшая школа. 1967.-564с.
- 5 Батунер Л.М., Позин М.Е. Математические методы в химической технике. Ленинград: Химия, 1970. – 824 с.
- 6 Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.: изд-во Моск. ун-та: Наука, 2004. - 798 с.
- 7 Краснов М.Л., Киселев А.И., Макаренко Г.И. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Москва: УРСС, 2002. –260с.
- 8 Вирченко Н.А., Четвертак М.А. Об одном обобщении функции Бесселя // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки. 2014. № 4 (37). С. 16-21, doi: <http://dx.doi.org/10.14498/vsgtu1361>
- 9 Кручкович Г.И. и др. Сборник задач и упражнений по специальным главам высшей математики. Москва: Высшая школа, 1970. –510 с.
- 10 Мейрамгазинова Г.Б., Берикханова Г.Е. Уравнение Бесселя и его применение // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Математика: методы инновации в науке и образовании». Алматы, 2015.
- 11 Смирнов В.И. Курс высшей математики. Том II, издание 24, Москва, 2017.
- 12 Самойлова Н.Н.: Исследование обтекания неравномерно нагретого сфероида с помощью краевых задач для линеаризованной по скорости системы уравнений газовой динамики. Каталог диссертации. 2019.
- 13 Bonilla B., Kilbas A. A., Rivero M., Rodriguez L., Trujillo J. J. Modified Bessel-type function and solution of differential and integral equations, *Indian J. Pure and Appl. Math.*, 2000, vol. 31, no. 1, pp. 93-109
- 14 Мартинсон Л. К., Малов Ю. И. Дифференциальные уравнения математической физики. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. - 368 с.

#### References:

- 1 Kafarov V.V., Glebov M.B. (1991) *Matematicheskoe modelirovanie osnovnih protsessov himicheskikh proizvodstv. [Mathematical modeling of the main processes of chemical production].* М.: Visshaya shkola, 400 (in Russian)
- 2 Stepanov V.V. (2006) *Kurs differentsialnikh uravnenii. [Course of Differential Equations].* М: KomKniga, 472 (in Russian).
- 3 Arsenin V.A. (1984) *Methods of mathematical physics and special functions. [Methods of mathematical physics and special functions].* М.: Nauka, 384 (in Russian)
- 4 Matveev. N.M. (1967) *Metodi integrirvaniya obiknovennih differentsialnih uravnenii. [Methods of Integration of Ordinary Differential Equations].* М.: Visshaya shkola, 564 (in Russian)
- 5 Batuner L.M., Pozin M.E. (1970) *Matematicheskie metodi v khimicheskoi tekhnike. [Mathematical methods in chemical engineering].* Leningrad, Khimiya, 824 (in Russian)
- 6 Tikhonov A.N., Samarskii A.A. (2004) *Equations of mathematical physics. [Equations of mathematical physics].* М.: publishinghouse Mosk. University: Nauka, 798 (in Russian)
- 7 Krasnov M.L., Kiselev A.I., Makarenko G.I. (2002) *Obiknavennie differentsialnie uravneniya. [Ordinary differential equations].* Moskva: URSS, 256 (in Russian)
- 8 Virchenko N.A., Chetvertak M.O. (2014) *On one generalization of Bessel function [On one generalization of the Bessel function].* Vestn. Samar. Gos.Tech. Un-ta. Ser. Fiz.-mat. Nauki Issue 4 (37). 16-21, doi: <http://dx.doi.org/10.14498/vsgtu1361> (in Russian)
- 9 Kruchkovich G.I. et. al. (1970). *Sbornik zadach i uprazhnenii po spetsialnim glavam visshoi matematiki. [Collection of problems and exercises on special chapters of higher mathematics].* Moskva: Visshaya shkola, 510 (in Russian)
- 10 Meiramgazinova G.B., Berikkhanova G.E. (2015) *Uравнение Besselya I ego primenenie [The Bessel equation and its application].* Materiali Respublikanskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Matematika: metodi innovatsii v nauke i obrazovanii». Almaty (in Russian)
- 11 Smirnov V.I. (2017) *Kurs visshoi matematiki [Higher mathematics course].* Vol 2, Issue 24, Moscow (in Russian)
- 12 Smoilova N.N. (2019) *Isslidovanie obtekaniya neregularno nagretogo sferoidea s pomoshiiu kraevih zadach dlya linerezovannoi po skorosti systemi uravneniya gazovoi dinamiki [Study of the flow around a nonuniformly heated spheroid using boundary value problems for a system of gas dynamics equations linearized in velocity].* PhD dissertatsiya (in Russian)
- 13 Bonilla B., Kilbas A. A., Rivero M., Rodriguez L., Trujillo J. J. (2000) *Modified Bessel-type function and solution of differential and integral equation. Indian J. Pure and Appl. Math.*, vol. 31, no. 1, 93-109 (in English)
- 14 Martinson L.K., Malov Yu. I. (2006) *Differential equations of mathematical physics. [Differential equations of mathematical physics].* Moscow: MSTU im. N.E. Bauman, 368 (in Russian)

**МАТЕМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ**  
**МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ**  
**METHODS OF TEACHING MATHEMATICS**

МРНТИ 14.35.09  
УДК 372.851:372.853

10.51889/2959-5894.2023.82.2.011

А.Е. Абылкасымова<sup>1</sup>, А.А. Курманов<sup>2\*</sup>, Е.А. Туяков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казахский Национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Торайгыров университет, г. Павлодар, Казахстан

\*e-mail: almaskurmanov@mail.ru

**МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ПРИ  
ИЗУЧЕНИИ ТЕМЫ «ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ»**

*Аннотация*

В статье приведены результаты методического исследования на предмет влияния межпредметных связей (МПС) курса дифференциальных уравнений при изучении темы «Электромагнитные волны в различных средах».

Актуальность такого подхода не вызывает сомнения и доказана практикой преподавания в педвузе. В эпоху цифровых технологий в системе образования Казахстана происходит большое количество изменений в структуре дидактического содержания учебных дисциплин в связи с быстрым ростом количества и качества знаний и информации. Знания приобретают интегрированный междисциплинарный характер. В 2022 году обновлены государственные стандарты образования всех уровней. Ранее были введены новые специальности или по-новому образовательные программы 6В01522-Физика-Математика, 6В01511 Математика-Физика. С получением сдвоенных специальностей изменяется системный принцип подготовки будущих учителей-предметников. Междисциплинарный характер знаний становится достаточно эффективным ресурсом для повышения качества подготовки педагогов. Повышение качества подготовки учителей-предметников обусловлено, прежде всего повышением системности и обобщенности профессионального мышления будущего учителя.

**Ключевые слова:** физика, математика, задачи, межпредметные связи (МПС), дифференциальные уравнения, электромагнитные волны.

*Аңдатпа*

А.Е. Әбілқасымова<sup>1</sup>, А.А.Курманов<sup>2</sup>, Е.А. Туяков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Торайгыров университеті, Павлодар қ., Қазақстан

**«ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ТОЛҚЫНДАР» ТАҚЫРЫБЫН ОҚЫТУДА ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ  
ТЕНДЕУЛЕРДІ ҚОЛДАНУДЫҢ ӘДІСТЕМЕЛІК АСПЕКТІЛЕРІ**

Мақалада «Әртүрлі орталардағы электромагниттік толқындар» тақырыбын зерттеуде дифференциалдық теңдеулер курсының пәнаралық байланыс (ПБ) әсері бойынша әдістемелік зерттеу нәтижелері келтірілген.

Бұл тәсілдің өзектілігі күмән тудырмайды және педагогикалық университеттегі оқыту тәжірибесімен дәлелденді. Қазақстанның білім беру жүйесінде цифрлық технологиялар дәуірінде білім мен ақпараттың саны мен сапасының қарқынды өсуіне байланысты оқу пәндерінің дидактикалық мазмұнының құрылымында көптеген өзгерістер орын алуда. Білім біріктірілген пәнаралық сипатқа ие болды. 2022 жылы барлық деңгейдегі мемлекеттік білім стандарттары жаңартылды. Бұрын 6В01522-Физика-математика, 6В01511 Математика-Физика жаңа мамандықтар немесе білім беру бағдарламалары жаңа әдіспен енгізілген болатын. Қос мамандықты меңгерумен болашақ пән мұғалімдерін даярлаудың жүйелік принципі өзгереді. Білімнің пәнаралық сипаты мұғалімдерді даярлау сапасын арттырудың жеткілікті тиімді ресурсына айналуға. Пән мұғалімдерін дайындау сапасын арттыру ең алдымен болашақ мұғалімнің жүйелі және жалпылама кәсіби ойлауының артуына байланысты.

**Түйін сөздер:** физика, математика, есептер, пәнаралық байланыс (ПБ), дифференциалдық теңдеулер, электромагниттік толқындар.

Abstract

**METHODOLOGICAL ASPECTS OF THE APPLICATION OF DIFFERENTIAL EQUATIONS IN THE STUDY OF THE TOPIC «ELECTROMAGNETIC WAVES»**

*Abylkassymova A.E<sup>1</sup>, A.A. Kurmanov<sup>2</sup>, E.A. Tuyakov<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan*

<sup>2</sup>*Toraigyrov University, Pavlodar, Kazakhstan.*

The article presents the results of a methodological study on the subject of the influence of interdisciplinary connections of the differential equations course in the study of the topic «Electromagnetic waves in various media».

The relevance of this approach is beyond doubt and has been proven by the practice of teaching in a pedagogical university. In the era of digital technologies in the education system of Kazakhstan, there are a large number of changes in the structure of the didactic content of academic disciplines due to the rapid growth in the quantity and quality of knowledge and information. Knowledge acquires an integrated interdisciplinary character. In 2022, state education standards at all levels were updated. Previously, new specialties or educational programs 6B01522-Physics-Mathematics, 6B01511 Mathematics-Physics were introduced in a new way. With the acquisition of dual specialties, the systemic principle of training future subject teachers changes. The interdisciplinary nature of knowledge is becoming a fairly effective resource for improving the quality of teacher training. Improving the quality of training of subject teachers is primarily due to an increase in the systemic and generalized professional thinking of the future teacher.

**Keywords:** physics, mathematics, problems, interdisciplinary connections (IC), differential equations, electromagnetic waves.

### **Введение**

Известно, что качество, глубина и целостность формируемых знаний, умение решать задачи, возможность их интегрирования в современные нужды напрямую зависит от формируемых межпредметных связей (МПС) у будущих учителей. Данное исследование является частью диссертационного исследования по более широкой тематике: Методика реализации межпредметных связей по физике и математике в подготовке будущих учителей. В которой изучены роль, место, дидактическое значение и дидактическое содержание и система мер по реализации межпредметных связей курсов общей физики и разделов математики в процессе подготовки студентов педагогического вуза. Под дидактическим содержанием мы понимаем, созданный в целях повышения качества усвоения студентами предложенного Типовыми программами дисциплин разделов физики и математики, конкретный междисциплинарный контент для обучения студентов по разработанной нами методике обучения [1]. При этом реализацию межпредметных связей в подготовке будущих учителей, мы считаем достаточно эффективным современным образовательным ресурсом [2]. В данной части исследования были рассмотрены методические аспекты использования знаний по методике решения дифференциальных уравнений при изучении раздела исследования и описания волновых процессов в диэлектрических анизотропных средах, холестерических кристаллах, а также упругих волн в температурном поле. Содержание данного раздела было описано в наших предыдущих научных работах [3–6].

Предлагаемая методика содержит краткое описание основных этапов реализации межпредметных связей на примере одной из сложных, наиболее тесно связанной с математикой раздела физики «Электромагнитные волны в различных средах».

*Цель исследования:* разработка методических аспектов применения дифференциальных уравнений при изучении темы «электромагнитные волны в различных средах», как современного дидактического ресурса.

### **Материалы и методы**

Теоретической основой применения методики межпредметных связей являются учение академика И.П. Павлова, который считал, что физиологическим механизмом усвоения знаний является образование в коре головного мозга сложных систем временных связей, которые он отождествлял с тем, что в психологическом плане образование ассоциации – это связи между всеми формами отражения объективной действительности, таким образом, необходимость межпредметных связей заключена в самой природе мышления, диктуется объективными законами высшей нервной деятельности, законами психологии и физиологии [7]. Разрабатываемая методика отражает этапы психологических закономерностей усвоения знаний [8, 9].

I. Этап (актуализации и восприятия при усвоении разработанного междисциплинарного контента). Применение сведений из школьных курсов, необходимых для решения задач, сводящихся к дифференциальным уравнениям.

Содержание: мотивация, связь ДУ со школьным курсом математики

II. Решение геометрических задач, сводящихся к дифференциальным уравнениям

Содержание: изучение нового материала (общий вид ДУ и алгоритм его решения), воспроизведение и применение в решении задач на определение типа ДУ и алгоритма его решения в геометрических задачах.

III. Применение дифференциальных уравнений при решении задач по теме «Электромагнитные волны в различных средах».

Этап осознания и восприятия новой темы определяется **алгоритмом выработки** межпредметных связей при изучении темы «Электромагнитные волны в различных средах»: 1) изучение нового материала (общий вид ДУ и способы его решения), 2) воспроизведение знаний и применение в решении задач на определение типа ДУ и алгоритма его решения, 3) применение знаний решения ДУ в задачах физики волновых процессов.

Тема «Электромагнитные волны в различных средах» изучается в курсах «Электричество и магнетизм» и «Избранные главы электричества и магнетизма».

Убеждаемся в соответствии содержания курса ДУ требованиям темы «Электромагнитные волны в различных средах».

Рассмотрим курс «Дифференциальные уравнения» на примере каталога элективных дисциплин 6В01522-Физика-Математика ПГПУ, 2022г. *Содержание: Основные понятия и определения, относящиеся к ДУ первого порядка. Виды и методы решения ДУ первого и высших порядков. Интегральная кривая. Задача Коши. Теорема Пикара о существовании и единственности решения задачи Коши. Общее и частное решение. Системы дифференциальных уравнений.*

Этап анализа (систематизации) и синтеза (обобщения) межпредметного контента изучаемой темы. Дифференциальные уравнения встречаются почти во всех разделах физики (таблица 1). В том числе в курсе уравнений математической физики. Проследить взаимосвязь курсов высшей математики и общей физики поможет схема ниже (рисунок 1). Там же видна роль выбранной темы физики.

Таблица 1. Некоторые дифференциальные уравнения, используемые в курсе общей физики

Раздел физики	Закон	Формула
Механика	Второй закон Ньютона	$m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$
	Уравнение Мещерского	$m(t) \frac{d\vec{v}}{dt} = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i^{\text{внеш}} + \frac{dm}{dt} \vec{u}'$
Молекулярная физика	Закон теплопроводности Фурье	$q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} = \frac{\delta Q}{dF d\tau}$
	Закон диффузии Фика	$J_m = -D \frac{dn}{dx} = \frac{\Delta M}{dF d\tau}$
Электростатика	Уравнение электростатики Пуассона	$\nabla^2 \varphi = -\frac{\rho}{\epsilon_0}$
Электромагнетизм. Оптика	Уравнения Максвелла	$\text{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}; \text{rot} \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t};$ $\text{div} \vec{D} = \rho; \text{div} \vec{B} = 0$
Атомная физика	Уравнение Шредингера	$-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi + U\psi = i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t}$

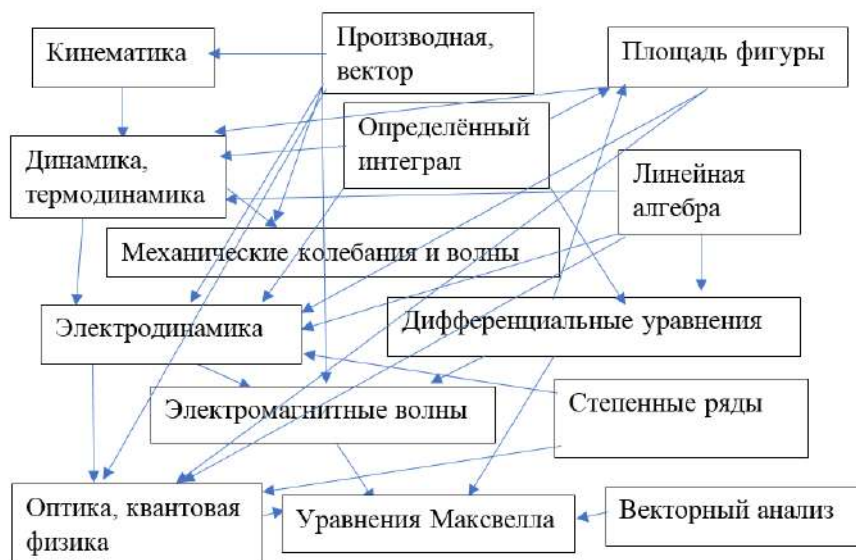


Рисунок 1. Схема межпредметных связей курсов высшей математики и общей физики

Перечень важных вопросов математики при формировании МПС с физикой:

1. Элементы векторной алгебры
2. Физический и геометрический смысл производной и определённого интеграла
3. Линейные дифференциальные уравнения первого и второго порядков
4. Ряды Тейлора и Фурье
5. Элементы векторного анализа: градиент, дивергенция, ротор, поток и циркуляция.

Этап применения знаний и формирования навыков. Для этого были разработана система конструктивистских заданий по реализации межпредметных связей в процессе изучения темы.

В статье приведены, в качестве примера, ряд типичных заданий, предлагаемых студентам для этого этапа применения и оценки знаний и навыков по знанию, определению, пониманию смысла и роли в познании межпредметных связей.

*Задание 1.* (Выработка навыка решения дифференциальных уравнений с геометрическим смыслом).

1) Ознакомьтесь с предложенными решениями задач и выделите этапы их решения с помощью дифференциальных уравнений.

*Задача 1.1.* Кривая проходит через точку  $A(0, a)$ ,  $MN$ - произвольная ордината этой кривой. Определить кривую из условия, что площадь  $OAMN$  равна  $aL$ , где  $L$ - длина дуги  $AM$ .

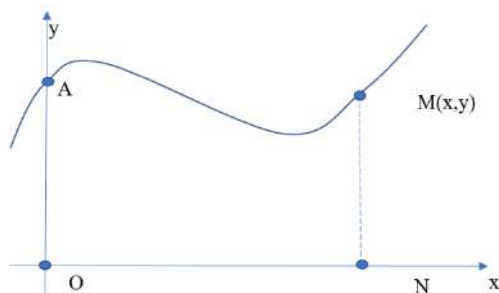


Рисунок 2. К задаче 1.1

Следовательно,  $y' = \pm \frac{y^2}{a^2} - 1$ . Решая это уравнение с разделяющимися переменными, интегрируя для каждого знака получим соответственно:

$$\ln \left| \frac{y-a}{y+a} \right| = \frac{2x}{a} + C \quad \text{и} \quad \text{arctg} \frac{y}{x} = -\frac{x}{a} + C.$$

Решение. По условию задачи

$$SOAMN = aL, \tag{1.1}$$

где  $L$ - длина дуги  $AM$  (рисунок 2).

Используя формулу вычисления площади плоской фигуры и длины кривой, имеем:

$$S = \int_0^x y(x) dx, \quad L = \int_0^x \sqrt{1 + (y'(x))^2} dx.$$

Подставив эти значения в (1.1) получим дифференциальное уравнение:

$$y = a\sqrt{1 + (y')^2}.$$

**Задача 1.2.** Найти кривые, у которых поднормаль равна разности между модулем радиус-вектора кривой и абсциссой точки касания.

Решение. По условию  $|NL| = |OM| - |ON|$  (рисунок 3). Так как  $|NL| = y \cdot \operatorname{tg} \alpha$ ,  $|OM| = \sqrt{x^2 + y^2}$ ,  $|ON| = x$ , поэтому получаем дифференциальное уравнение:

$$y \cdot y' = \sqrt{x^2 + y^2} - x.$$

Для однородного дифференциального уравнения применяем замену:  $y = x \cdot u(x)$ .

При  $x > 0$  имеем:

$$\frac{2dx}{x} = \frac{du^2}{\sqrt{u^2 + 1} - 1 - u^2}$$

$$\frac{2 \int dx}{x} = \int \frac{du^2}{\sqrt{u^2 + 1} - 1 - u^2} + C$$

$$x \cdot (1 - z) = C$$

где  $z = \sqrt{u^2 + 1}$ .

Таким образом, искомое семейство кривых имеет

вид  $x - \sqrt{x^2 + y^2} = C$ . Случай  $x < 0$  рассмотрите самостоятельно.

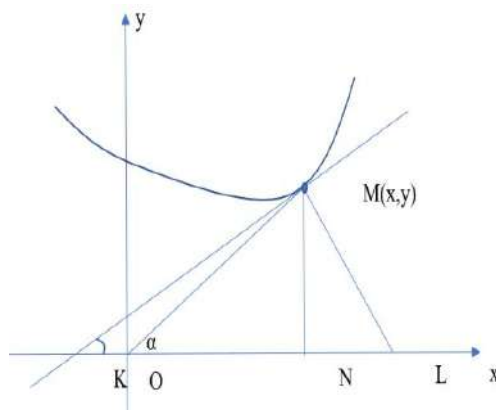


Рисунок 3. К задаче 1.2

2) Сравните выделенные этапы решения двух задач. Сопоставьте их с этапами решения алгебраических задач в школе.

3) Составьте рекомендации по решению задач каждого вида.

4) Подведите итоги. Какие вопросы поискового характера возникали? Что помогло ответить на них? Сравните с предложенной ниже схемой (рисунок 4).

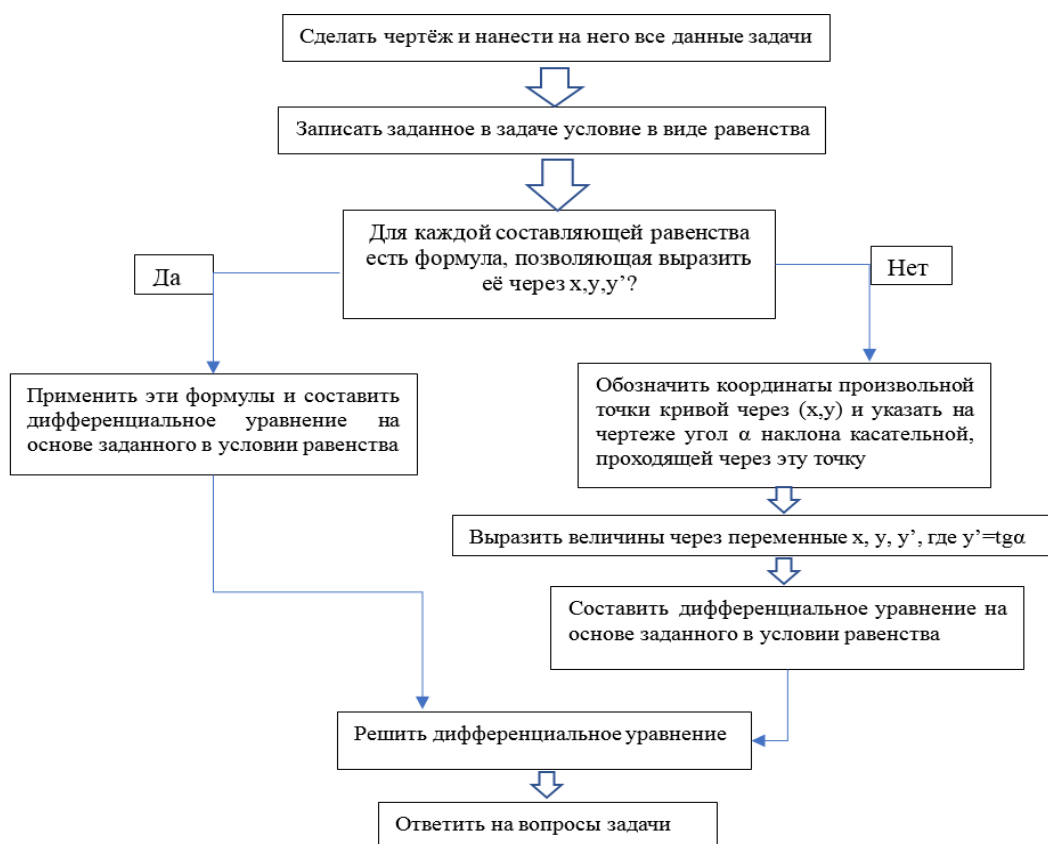


Рисунок 4. Схема решения прикладных геометрических задач

**Задание 2** (Выработка навыка решения дифференциальных уравнений с физическим смыслом).

Задача на определение наивысшего положения ракеты. Ракета выпущена вертикально вверх с начальной скоростью  $v_0 = 100$  м/с. Сопротивление воздуха замедляет ее движение, сообщая ракете отрицательное ускорение, равное  $-kv^2$ , где  $v$  – мгновенная скорость ракеты, а  $k$  – аэродинамический коэффициент. Определить время достижения ракетой наивысшего положения.

Решение.

Примем движение ракеты условно за движение некоторой материальной точки (рисунок 5). Тогда общее ускорение ракеты  $a$  при движении вверх составит из ускорения свободного падения  $g$  и аэродинамического ускорения  $kv^2$  (в проекциях):

$$a = -g - kv^2. \quad (2.1)$$

Но также известно, что ускорение есть первая производная от скорости по времени:

$$\vec{a} = d\vec{v}/dt$$

Тогда уравнение (2.1) примет вид:

$$dv/dt = -g - kv^2.$$

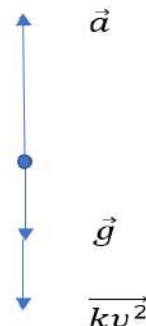


Рисунок 5. К задаче 2

Получаем уравнение с разделяющимися переменными, разделяя которые, получаем:

$$\begin{aligned} \frac{dv}{g + kv^2} &= -dt, \\ \frac{dv}{1 + \frac{kv^2}{g}} &= -gdt \end{aligned} \quad (2.2)$$

Для интегрирования этого уравнения проведем предварительно его преобразования:

$$\frac{d\left(\sqrt{\frac{k}{g}}v\right)}{\sqrt{\frac{k}{g}}\left(1 + \left(\sqrt{\frac{k}{g}}v\right)^2\right)} = -gdt.$$

Это уравнение уже можно почленно проинтегрировать:

$$\int \frac{d\left(\sqrt{\frac{k}{g}}v\right)}{1 + \left(\sqrt{\frac{k}{g}}v\right)^2} = - \int \sqrt{gk} dt$$

откуда получаем общее решение уравнения (2.2):

$$\text{arctg}\left(\sqrt{\frac{k}{g}}v\right) = -\sqrt{gk} \cdot t + C \quad (2.3)$$

Нам необходимо определить частное решение дифференциального уравнения (найти значение произвольной переменной  $C$  в формуле (2.3)) по начальным условиям задачи, то есть решить задачу Коши. Для условий данной задачи при  $t = 0$ ,  $v = v_0 = 100$  м/с, величина  $C = \text{arctg}\left(\sqrt{\frac{k}{g}}v_0\right) = \text{arctg}\left(100\sqrt{\frac{k}{g}}\right)$ , следовательно, частное решение примет вид:

$$\text{arctg}\left(\sqrt{\frac{k}{g}}v\right) - \text{arctg}\left(100\sqrt{\frac{k}{g}}\right) = -\sqrt{gk} \cdot t \quad (2.4)$$

В момент достижения верхней точки полета  $t = T$ , мгновенная скорость ракеты  $v$  равна нулю.



Подставляя в формулу (2.4)  $t = T$ ,  $v = 0$ ,  $g = 10 \text{ м/с}^2$  находим:

$$T = \frac{\text{arctg}\left(100\sqrt{\frac{k}{g}}\right)}{\sqrt{gk}} = \frac{\text{arctg}(31,62\sqrt{k})}{3,162\sqrt{k}}$$

Именно через это время  $T$  ракета и достигнет своего наивысшего положения, при известном заранее коэффициенте аэродинамического сопротивления  $k$ .

**Задание 3.** Выработка навыка решения системы векторных дифференциальных уравнений при изучении темы «Электромагнитные волны в различных средах»

С помощью метода матрицанта [10] уравнения Максвелла приведены к обыкновенным дифференциальным уравнениям первого порядка:

$$\frac{d\vec{u}}{dz} = \hat{B}\vec{u}, \quad \vec{u} = (E_y, H_x, H_y, E_x)^t. \quad (3.1)$$

Матрица коэффициентов  $\hat{B}$  в этом случае:

$$\hat{B} = \begin{bmatrix} 0 & b_{12} & b_{13} & 0 \\ b_{21} & 0 & 0 & b_{24} \\ -b_{24} & 0 & 0 & b_{34} \\ 0 & -b_{13} & b_{43} & 0 \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

$$\begin{aligned} \text{где } b_{12} &= i\left(\omega\mu_0\mu - \frac{k_y^2}{\omega\varepsilon_0\varepsilon_z}\right); & b_{13} &= i\frac{k_x k_y}{\omega\varepsilon_0\varepsilon_z}; & b_{21} &= i\left[\omega\varepsilon_0\varepsilon_y - \frac{k_x^2}{\omega\mu_0\mu}\right]; \\ b_{24} &= i\left[\omega\varepsilon_0\varepsilon_{xy} + \frac{k_x k_y}{\omega\mu_0\mu}\right]; & b_{34} &= -i\left(\omega\varepsilon_0\varepsilon_x - \frac{k_y^2}{\omega\mu_0\mu}\right); & b_{43} &= i\left(\frac{k_x^2}{\omega\varepsilon_0\varepsilon_z} - \omega\mu_0\mu\right). \end{aligned}$$

Найдите решения в виде поверхностей индикатрис для следующих материалов:

- 1) иодноватая кислота  $\text{HIO}_3$   $\hat{\varepsilon} = 7, 2; 8, 0; 6, 9, \varepsilon_{xy} = 0, \mu = 1$ ;
- 2) оксид ниобия бария натрия  $\text{Ba}_2\text{NaNb}_5\text{O}_{15}$   $\hat{\varepsilon} = 5, 63; 5, 62; 6, 1, \varepsilon_{xy} = 0, \mu = 1$ ;
- 3) литий йодноватокислый  $\text{LiIO}_3$   $\hat{\varepsilon} = 500; 554; 65, \varepsilon_{xy} = 0, \mu = 1$ ;
- 4) ниобат лития  $\text{LiNbO}_3$ ,  $\hat{\varepsilon} = 78; 78; 32, \varepsilon_{xy} = 0, \mu = 1$ .

Решение. Уравнения индикатрис для неограниченной периодически неоднородной анизотропной структуры следуют из низкочастотного разложения уравнений дисперсии [10]. Если  $h$ -период неоднородности, а длина электромагнитной волны  $\lambda \gg h$ , при этом частоты много меньше оптических  $\omega \ll 10^{14}$  Гц, то для величин (3.3)-полусуммы матрицантов и (3.4) – корней уравнений дисперсии:

$$\langle \hat{P} \rangle \geq \hat{I} + \hat{B}^2 h^2 / 2 + \dots \quad (3.3)$$

$$\cos(\tilde{k}_i h) = 1 - \frac{\tilde{k}_i^2 h^2}{2} + \dots \quad (3.4)$$

получим приближения:  $\det(\hat{I} + B^2 h^2 / 2 - \hat{I} + \hat{I}(kh)^2 / 2) = 0 \Rightarrow \det(B^2 + \hat{I}k^2) = 0$

Решая (3.1)-(3.4), получим уравнение индикатрис волнового вектора (3.5)

$$\begin{aligned} &\frac{1}{\varepsilon_z}((k^2 + k_x^2 + k_y^2)(k_x^2 \varepsilon_x + 2k_x k_y \varepsilon_{xy} + k_y^2 \varepsilon_y + k^2 \varepsilon_z) + \\ &+ \varepsilon_0 \mu_0 \mu \omega^2((k_x^2 + k_y^2)(\varepsilon_{xy}^2 - \varepsilon_x \varepsilon_y) - ((k^2 + k_x^2) \varepsilon_x + 2k_x k_y \varepsilon_{xy} + \\ &+ (k^2 + k_y^2) \varepsilon_y) \varepsilon_z + \varepsilon_0^2 \mu_0^2 \omega^4 (-\varepsilon_{xy}^2 + \varepsilon_x \varepsilon_y)) = 0 \end{aligned} \quad (3.5)$$

Для получения поверхностей индикатрис нужно ввести сферическую систему координат:

$$\begin{cases} k_x = k \sin\phi \cos\theta \\ k_y = k \sin\phi \sin\theta \\ k_z = k \cos\phi \end{cases} \quad (3.6)$$

Задать параметры электромагнитных волн, адекватные длинноволновому приближению:  $\omega^2 \varepsilon_0 \mu_0 = \omega^2 / c^2 \approx \omega^2 / 10^{17} = 1 \text{ м}^{-2}$ , метровые-дециметровые радиоволны.

С учётом данных по условию задачи численных значений параметров среды получим следующие неотрицательные значения волновых векторов обоих лучей, которые в программе Wolfram Mathematica имеют вид индикатрис (рисунок 6).

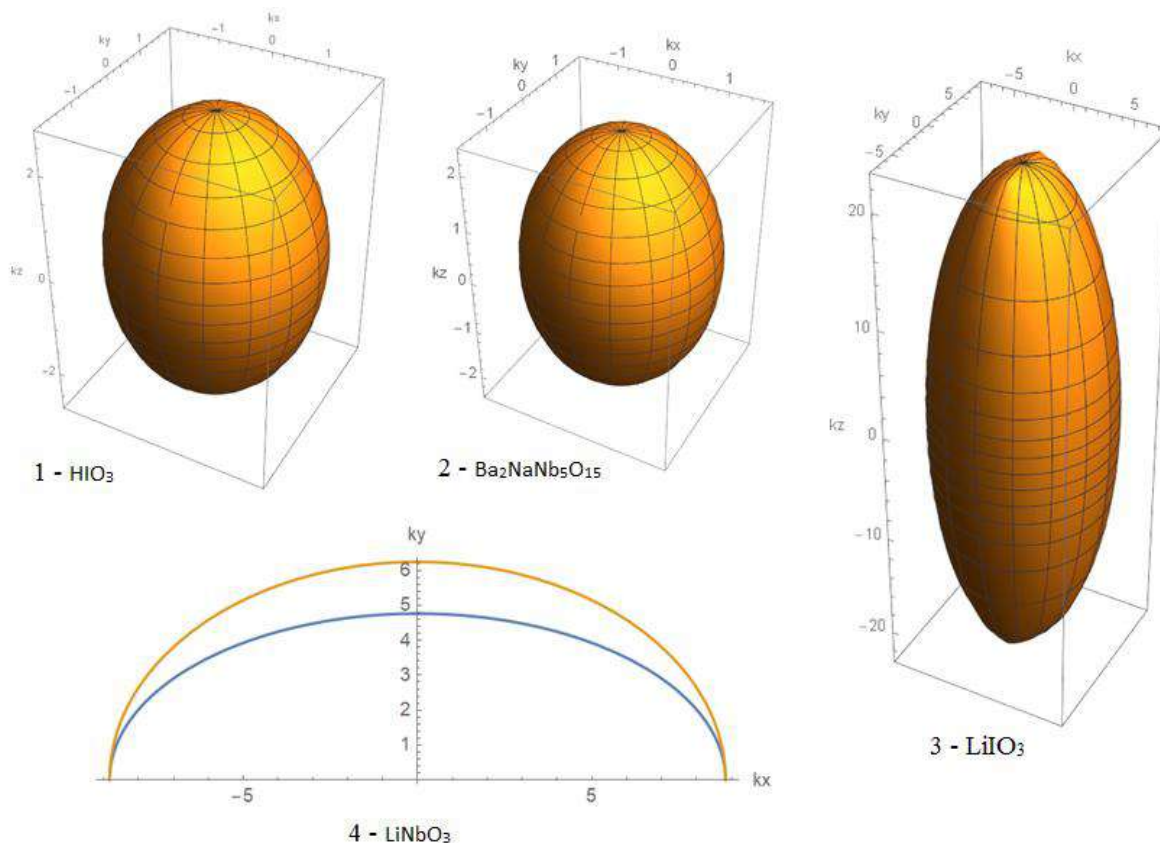


Рисунок 6. Индикатрисы волновых векторов для кристаллов: 1 – иодноватой кислоты, 2 – оксида ниобия бария натрия, 3 – лития иодноватокислого, 4 – ниобата лития

Для кристалла ниобата лития  $\text{LiNbO}_3$  при частотах, ниже собственного акустического резонанса  $\hat{\varepsilon} = 78; 78; 32$  волновой вектор, в виду тетрагональной сингонии теряет асимметричность относительно угла  $\theta$ . Аналогично танталат лития  $\text{LiTaO}_3, \hat{\varepsilon} = 51; 51; 45$ . Поэтому 3d-поверхности волновых векторов представлены в виде 2d-графиков.

### Результаты

Полученные результаты описывают волновые процессы графически, указывая распределение волнового вектора по направлениям главной оптической оси в кристаллах низких сингоний.

### Итоги педагогического эксперимента.

#### 1) Роль МПС и их уровень сформированности.

Анкета №1 Оценка роли межпредметных связей по физике и математике.

Анализ результатов ответов опрошенных студентов представлен далее.

#### 1. Оцените, насколько знания по математике необходимы Вам в жизни.

77% (4 и 5 баллов) респондентов считают, что математические знания необходимы им в жизнедеятельности. Небольшое количество (10% — 0-2 балла) опрошенных отмечают бесполезность для себя знаний по математике. 13% (3 балла) студентов не отрицают необходимость таких знаний.

#### 2. Достаточно ли Вам школьной математической подготовки для обучения в вузе?

Всех студентов, давших ответы на данный вопрос, можно разделить на две равные группы. 50% (4 и 5 баллов) студентов считают, что обладают хорошим уровнем школьной математической подготовки. Другие 50% (0-3 балла) студентов испытывают недостаток школьной математической подготовки для обучения в вузе.

3. *Оцените, насколько знания по высшей математике пригодятся Вам в будущей профессии.*

Почти половина респондентов (85% – 4 и 5 баллов) оценивают знания по математике как нужные в будущей профессиональной деятельности. 10% (3 балла) студентов не осознают необходимость математических знаний в дальнейшем. 5% (0–2 балла) считают данные знания бесполезными для приобретаемой профессии.

4. *Оцените взаимосвязь изучаемых Вами дисциплин с математикой.*

Можно говорить, что большая часть студентов не видит межпредметных связей изучаемых дисциплин с математикой. 5% (0–2 балла) говорят об отсутствии этих связей. 55% (3 балла) отмечают небольшую связь. Лишь 40% (4 и 5 баллов) студентов считают, что изучаемые ими предметы связаны с математикой.

5. *Оцените, насколько знания по математике помогают Вам при изучении других дисциплин.*

5% (0-2 балла) считают, что знания по математике не помогают изучению других дисциплин. 45% (3 балла) респондентов отмечают незначительное значение математических знаний при обучении. 50% (4 и 5 баллов) студентов указывают на необходимость математики при изучении предметов естественнонаучного и профессионального циклов.

6. *Оцените, насколько важно решать на занятиях по математике задачи с профессиональным контекстом.*

15% (0-2 балла) опрошенных не видят смысла в решении таких задач. 30% (3 балла) не могут определить значения математических задач профессионального контекста. 55% (4 и 5 баллов) студентов определяют решение профессионально направленных задач как важный элемент занятий по математике.

7. *Оцените, насколько профессионально направленные задачи способствуют изучению математики.*

Половина опрошенных студентов (55% – 4 и 5 баллов) отмечают, что изучение математики будет более успешным, если на занятиях будут рассматриваться и решаться профессионально направленные задачи.

**2) Влияние МПС на познавательный интерес и эффективность обучения.** После изучения курса физики студентам было предложено ответить на вопросы анкеты № 2 с целью выяснить влияние учёта межпредметных связей на результаты обучения данным дисциплинам. В анкетировании участвовало 20 студентов.

Анкета № 2 опроса студентов о формировании межпредметных связей и влиянии на познавательный интерес и эффективность учебного процесса (таблица 2).

Таблица 2. Результаты диагностики изменения познавательного интереса

Мотивация к обучению	Значительное увеличение	Незначительное увеличение	Без изменений
Интерес к изучению физики	51	5	4
Интерес к изучению математики	49	9	2
Умение решать задачи по физике	18	15	27
Умение решать задачи по математике	20	24	16
Интерес к обучению в целом	44	8	8

Результаты анкетирования 60 студентов свидетельствуют о существенном увеличении познавательного интереса к физико-математическим дисциплинам и положительной динамики в умении решения задач, около 80%.

3) Диагностика сформированного уровня знаний при реализации МПС.

Анкета №3 (проверка достижений результатов изучения темы).

1 Какие физические поля могут вызывать анизотропию? Назовите соответствующие эффекты.

2 Дайте определение векторам  $E$ ,  $H$ ,  $B$ ,  $D$ ,  $P$ ,  $j$ . Укажите их единицы измерения.

3 Дайте определение величинам  $\epsilon_0$ ,  $\mu_0$ ,  $\epsilon_{ij}$ ,  $\mu_{ij}$ ,  $\sigma_{ij}$ ,  $\rho$ ,  $\omega$ . Укажите их единицы измерения.

4 Приведите виды магнетиков в зависимости от их свойств. Каким из них характерен гистерезис?

- 5 Какие процессы приводят в поляризации диэлектриков?
- 6 В чём состоит электрооптический эффект?
- 7 Раскройте векторную операцию  $\text{rot}\vec{E}$  и  $\text{div}\vec{D}$ .
- 8 Для диэлектрической проницаемости вида  $\varepsilon_{xy} = \varepsilon_{xz} = 0$  выведите матрицу коэффициентов В.

- 9 Если материальные параметры среды  $\hat{\mu} = \begin{pmatrix} \mu_x & \mu_{xy} & \mu_{xz} \\ \mu_{xy} & \mu_y & \mu_{yz} \\ \mu_{xz} & \mu_{yz} & \mu_z \end{pmatrix}$ ,  $\hat{\varepsilon} = \text{const}$ ,  $\sigma = 0$ , то какой вид имеет

матрица коэффициентов В?

10 Выведите уравнение индикатрис в явном виде для удобного класса анизотропной среды для электромагнитных волн в низкочастотном приближении с помощью программы Wolfram Mathematica.

### Обсуждение

В соответствии с полученными результатами 1-анкетирования студентов можно говорить о том, что большая их часть понимает необходимость знаний по математике в будущем. Они считают целесообразным решение профессионально направленных математических задач, что, по их мнению, способствует получению и осознанию математических знаний. В то же самое время, неумение части студентов видеть межпредметные связи математики с другими дисциплинами приводит к недооцениванию математических знаний в учебно-познавательной и профессиональной деятельности.

В силу специфики темы вопросы 3-анкеты решались в течении нескольких занятий. В качестве контрольной группы (КГр) выбраны студенты того же профиля обучения что и студенты экспериментальной группы (ЭГр), но их образовательный процесс был организован в стандартных условиях вуза. Констатирующий эксперимент позволил определить имеющийся уровень сформированности МПС физики и математики по данной теме. Применение активных методов обучения на формирующем этапе эксперимента позволило выработать некоторые навыки МПС с учётом принципа преемственности. В ходе итогового этапа эксперимента осуществлялся контроль условий реализации МПС при формировании творческого уровня знаний. Сравнительный анализ результатов эффективности решения предложенных задач представлено в таблице 3.

Таблица 3. Результаты диагностики сформированности уровня знаний и навыков МПС

Группа	Уровень усвоения знаний					
	Низкий (воспроизведение)		Средний (применение)		Высокий (творческий)	
	Первичная диагностика	Итоговая диагностика	Первичная диагностика	Итоговая диагностика	Первичная диагностика	Итоговая диагностика
ЭГр.	70	5	20	10	10	85
КГр.	71	45	14	30	15	25

### Заключение

Выводы исследования и дальнейшие перспективы.

Применение МПС при обучении физике привело к повышению качества подготовки будущих учителей, что является залогом их успешной работы в дальнейшем. Результаты педагогического эксперимента позволяют сделать вывод, что предлагаемую методику реализации МПС при обучении физике целесообразно применять в комплексе с учётом принципов преемственности, уровня усвоения знаний, потребностей и интересов студентов. В дальнейшем следует ожидать совершенствования отдельных элементов методики и её дидактического контента.

*Работа была поддержана Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант № AP19680007, А.Е. Абылкасымова).*

#### Список использованной литературы:

1 Приказ Министра просвещения РК от 16 сентября 2022 года № 399. Об утверждении типовых учебных программ по общеобразовательным предметам и курсам по выбору уровней начального, основного среднего и общего среднего образования. Приложения 112, 104, 106. [Электронный ресурс]. – 2022. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200029767> (дата обращения: 01.12.2022).

- 2 Мамбетакунов Э. Дидактические функции межпредметных связей в формировании у учащихся естественнонаучных понятий. – Б: Университет, 2015. – 328 с.
- 3 Kurmanov A. A., Ispulov N.A., Abdul Qadir, Zhumabekov A.Zh., Sarymova Sh.N. and Dossumbekov K.R. Propagation of electromagnetic waves in stationary anisotropic media // *Physica Scripta*. – Volume 96. – Number 8. – 18 May 2021. – IOP Publishing Ltd
- 4 Dossumbekov K. R., Ispulov N. A., Kurmanov A. A., and Zhumabekov A. Zh. Propagation of electromagnetic waves in cholesteric liquid crystals// *Russian Physics Journal*, Vol. 64. – No. 8, December, 2021.-P.1391-1399.
- 5 Курманов А.А., Туяков Е.А. Роль и место межпредметных связей в подготовке студентов педагогического вуза // *Вестник ПГУ: Педагогическая серия*. № 3. Павлодар: Toraygyrov University, 2019. С.404.-414.
- 6 Ispulov N.A., Abdul Qadir, Zhumabekov A.Zh., Kurmanov A.A., Dossumbekov K.R. On nonclassical boundary conditions for the contact of thin interlayers with different physical and mechanical properties on wave propagation in anisotropic media//*Bulletin of the Karaganda University. «Physics» Series*. – № 3 (107). – 2022. – Pp. 68–79.
- 7 Pavlov I. P. Selected works. Publisher: Foreign Languages Publishing House. – Moscow, 1955. – 653 p.
- 8 Талызина Н. Ф. Теория поэтапного формирования умственных действий. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 345 с.
- 9 Нурумжанова К.А. Стратегия модернизации учебного процесса в сельской школе на основе развивающей эвристической технологии // *Интернет-журнал «Эйдос»*. – 2008. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://eidos.ru/doc/Eidos-Journal-Content.pdf> (дата обращения: 13.04.2023).
- 10 Tleykenov S. The structure of propagator matrix and its application in the case of the periodical inhomogeneous media. *Abstr. Semin. on Earthquake processes and their consequences Seismological investigations*. 1989. Kurukshetra, India. Pp. 2-4

#### References:

- 1 Prikaz Ministra prosveshhenija RK ot 16 sentjabrja 2022 goda № 399. Ob utverzhdenii tipovyh uchebnyh programm po obshheobrazovatel'nym predmetam i kursam po vyboru urovnej nachal'nogo, osnovnogo srednego i obshhego srednego obrazovaniya. Prilozheniya 112, 104, 106. [Order of the Minister of Education of the Republic of Kazakhstan dated September 16, 2022 No. 399. On approval of standard curricula for general education subjects and courses for choosing the levels of primary, basic secondary and general secondary education. Applications 112, 104, 106.]. [Jelektronnyj resurs]. 2022. URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200029767> (data obrashhenija: 01.12.2022). (In Russian).
- 2 Mambetakuunov Je. (2015) Didakticheskie funkicii mezhpredmetnyh svyazey v formirovanii u uchashhihsja estestvennonauchnyh ponjatij. [Didactic functions of interdisciplinary connections in the formation of natural science concepts in students]. B: Universitet. 328 s. (In Russian).
- 3 Kurmanov A. A., Ispulov N.A., Abdul Qadir, Zhumabekov A.Zh., Sarymova Sh.N. and Dossumbekov K.R. (2021) Propagation of electromagnetic waves in stationary anisotropic media *Physica Scripta*. Volume 96. Number 8. IOP Publishing Ltd (In English)
- 4 Dossumbekov K. R., Ispulov N. A., Kurmanov A. A., and Zhumabekov A. Zh. (2021) Propagation of electromagnetic waves in cholesteric liquid crystals *Russian Physics Journal*, Vol. 64. – No. 8, December.-P.1391-1399. (In English)
- 5 Kurmanov A.A., Tujakov E.A. (2019) Rol' i mesto mezhpredmetnyh svyazey v podgotovke studentov pedagogicheskogo vuza. [The role and place of interdisciplinary connections in the preparation of students of a pedagogical university]. *Vestnik PGU: Pedagogicheskaja serija*. № 3. Pavlodar: Toraygyrov University, 2019. S. 404-414. (In Russian).
- 6 Ispulov N.A., Abdul Qadir, Zhumabekov A.Zh., Kurmanov A.A., Dossumbekov K.R. (2022) On nonclassical boundary conditions for the contact of thin interlayers with different physical and mechanical properties on wave propagation in anisotropic media//*Bulletin of the Karaganda University. «Physics» Series*. № 3 (107). Pp.68-79. (In English)
- 7 Pavlov I. P. (1955) Selected works. Publisher: Foreign Languages Publishing House. Moscow. 653 p. (In English)
- 8 Talyzina N. F. (1984) Teorija pojetapnogo formirovanija umstvennyh dejstvij. [Theory of the gradual formation of mental actions]. M.: Izd-vo Mosk. un-ta. 345 s. (In Russian).
- 9 Nurumzhanova K.A. (2008) Strategija modernizacii uchebnogo processa v sel'skoj shkole na osnove razvivajushhej jevristical'eskoj tehnologii [Strategy for modernization of the educational process in a rural school based on developing heuristic technology]. *Internet-zhurnal «Jejdos»*. [Jelektronnyj resurs]. URL: <https://eidos.ru/doc/Eidos-Journal-Content.pdf> (data obrashhenija: 13.04.2023). (In Russian).
- 10 Tleykenov S. (1989) The structure of propagator matrix and its application in the case of the periodical inhomogeneous media. *Abstr. Semin. on Earthquake processes and their consequences Seismological investigations*. Kurukshetra, India. P. 2-4. (In English)

Ә.И. Ануар<sup>1\*</sup>, С.Е. Касенов<sup>2</sup>, Ш.Т. Рахмет<sup>1</sup>, К.Х. Баетов<sup>1</sup>, А.М. Тлеулесова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Қазақ Ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

\*e-mail: anuar.assem@mail.ru

## «КӨПЖАҚТАР» ТАҚЫРЫБЫН ОҚЫТУДА АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ

*Аңдатпа*

Мақалада «Көпжақтар» тақырыбын оқытуда қолданылатын ақпараттық технологиялар әдістері көрсетілген. Кіріспеде жалпы ақпараттық технологияларды геометрия сабағында пайдаланудың тиімділіктеріне қысқаша шолу жасалды. «Көпжақтар» тақырыбын оқытуда ақпараттық технологиялардың тиімді түрлері мен қолдану әдістері қарастырылды. Ары қарай «Көпжақтар» тақырыбын оқытудағы GeoGebra бағдарламасының қолданылу тиімділігі жайлы қозғалып, бірнеше есеп мысал ретінде көрсетілді. Есептерде оқушыларға сызбасын елестетуге қиындық туғызатын тапсырмалар алынды. Сызба қадамдары жазылып, келесі тапсырмаларды өз еркімен жасауға мүмкіндік беретіндей ақпараттар берілді. Ақпараттық технологияларды пайдаланудың тиімділіктері іс жүзінде көрсетіліп, баланың логикалық ойлауын, елестету қабілетін дамытатындағын көрсетіліп берілді. Сабақ барысында ұялы телефонды тиімді мақсатта пайдалануға болатындығы қарастырылды. Есеп сызбалары сілтеме және QR код түрінде ұсынылды. «Көпжақтар» тақырыбын оқытуда тиімді ақпараттық технологияларды пайдалану арқылы сабақты оңай, әрі қызық өтуге болатындығы көрсетілді. Ақпараттық технологиялар қатарында GeoGebra-дан өзге, геометрия сабағында қолдануға ыңғайлы бағдарламалар тізімі ұсынылды.

**Түйін сөздер:** ақпараттық технологиялардың тиімділігі, геометрия, көпжақтар, көпжақтарды оқыту әдістемесі, GeoGebra, білім берудің ақпараттық технологиялар әдістері.

*Аннотация*

Ә.И. Ануар<sup>1</sup>, С.Е. Касенов<sup>2</sup>, Ш.Т. Рахмет<sup>1</sup>, К.Х. Баетов<sup>1</sup>, А.М. Тлеулесова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный женский педагогический университет, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРЕПОДАВАНИИ ТЕМЫ «МНОГОГРАННИКИ»

В статье изложены методы информационных технологий, применяемые при изучении темы «многогранники». Во введении представлен краткий обзор эффективности использования информационных технологий на уроках геометрии. Рассмотрены эффективные виды и методы применения информационных технологий в преподавании темы «многогранники». Далее было показано несколько отчетов об эффективности применения программы GeoGebra при изучении темы «многогранники». В задачах были взяты задания, затрудняющие учащимся визуализацию рисунка. Были записаны шаги схемы и предоставлена информация, позволяющая добровольно выполнять следующие задачи. Наглядно продемонстрирована эффективность использования информационных технологий, показано, что ребенок развивает логическое мышление, способность к воображению. В ходе занятия было рассмотрено, можно ли использовать мобильный телефон в эффективных целях. Чертежи задач представлены в виде ссылки и QR-кода. Показано, что при изучении темы «многогранники» можно легко и интересно пройти урок с использованием эффективных информационных технологий. Помимо GeoGebra, в числе информационных технологий представлен список программ, удобных для использования на уроках геометрии.

**Ключевые слова:** эффективность информационных технологий, геометрия, многогранники, методика обучения многогранников, GeoGebra, методы информационных технологий в образовании.

*Abstract*

## THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGY METHODS IN TEACHING THE TOPIC "POLYGAMY"

Anuar A.I.<sup>1</sup>, Kasenov S.E.<sup>2</sup>, Rakhmet Sh.T.<sup>1</sup>, Baetov B.X.<sup>1</sup>, Tleulessova A.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kazakh National Women's Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

The article describes the methods of information technology used in the study of the topic "polyhedra". The introduction provides a brief overview of the effectiveness of using general information technologies in geometry lessons. The effective types and methods of using information technologies in teaching the topic "polyhedra" are considered. Next,

several reports were shown on the effectiveness of using the GeoGebra program when studying the topic "polyhedra". Tasks that make it difficult for students to visualize the drawing were taken in the tasks. The steps of the scheme were recorded and information was provided that allows you to voluntarily perform the following tasks. The effectiveness of the use of information technologies is clearly demonstrated, it is shown that the child develops logical thinking, the ability to imagine. During the lesson, it was considered whether it is possible to use a mobile phone for effective purposes. Drawings of tasks are presented in the form of a link and a QR code. It is shown that when studying the topic "polyhedra", it is easy and interesting to take a lesson using effective information technologies. In addition to GeoGebra, a list of programs convenient for use in geometry lessons was presented among information technologies.

**Keywords:** information technology efficiency, geometry, polyhedra, polyhedron learning methodology, GeoGebra, information technology methods in education.

### **Кіріспе**

Қазіргі таңда адамдардың барлық ғылыми-практикалық салаларын ақпараттандырылуы білім берудің цифрлануына алып келді. Цифрлық оқыту білім берудің барлық салаларына тереңнен еніп келуде. Оқушылардың компьютерлік технология әлеміне нақты енуі, дәстүрлі білім берудің бай педагогикалық әлеуетін жаңа деңгейге – ақпараттық-коммуникациялық технологиялар (АКТ) деңгейіне көшірді. Осы жағдайларда білім беру саласын ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың дидактикалық мүмкіндіктерін іске асыруға ықпал ететін заманауи цифрлық білім беру ресурстарын құру және оңтайлы пайдаланудың теориясымен, технологиясымен және практикасымен қамтамасыз ету мәселесі өзекті болып отыр [1].

Білім алушылардың математиканы меңгерудегі негізгі күрделі себептерінің бірі оның абстрактілігі болып табылады. Математиканы шынайы өмірге жақындатудағы басты мақсат оның өмірде қолданбалы сипатын көрсете отырып, сонымен қатар математикалық фактілерді оқушыларға көрінетін етіп жасау [2]. Деректі фильмдер, түрлі-түсті презентациялар- дәстүрлі сабақты көркейтуге және жаңа материалды егжей-тегжейлі түсіндіріп, өткен сабақты бекітуге өзге сабақтарға көмектесе де, математика сабақтарын өткізуге жеткіліксіз болатыны белгілі.

Пәндердің арасында, оқушылардың пікірінше, ең қиын, әрі қызықсыз деп саналатын «математика», атап айтқанда «геометрия». Жыл сайын Ұлттық Біріңғай Тестілеуде миллиондаған түлектері көбінесе кеңістік тақырыптарына байланысты тапсырмаларды орындай алмай, қалаған нәтижеге жете алмауы байқалады.

Білім беруде ең маңыздысы – мектеп оқушыларының математикалық және логикалық ойлауын қалыптастыру болғандықтан, осы орайда «тиімді» пайдаланылған АКТ:

- сабақ барысында белсенділікті арттыруға;
- дәстүрлі түрде өтетін математика сабақтарын түрлендіріп, қиял мен кеңістікті көруді дамытуда көрнекіліктерді пайдалануға;
- өтілген тақырыпты пысықтау мүмкіндік беріп, олқылықтарды анықтап, оқудың тиімділігін арттыру арқылы сыни ойлауды дамытуға;
- материалды оңтайлы меңгеруге және бекітуге ықпал ете отырып, сабақ барысында (продуктивность) өнімділігін арттыруға;
- эмоционалдық қабылдауды арттырып, оқушылардың ойлауының барлық түрлерін дамытуға ықпал етеді.

### **Зерттеу әдістері**

Қолданыстағы АКТ әртүрлілігі математика мұғалімдеріне көрнекілік принциптерін ғана емес, геометриялық сызбаларды жазықтықта да, кеңістікте де көрсете отырып, қарапайым сабақ барысын ерекше түрде өткізуге көмектеседі. Сабақта пайдаланылған ақпараттық технологиялар оқушылардың оқулықтағы логикалық дәлелдемелерінен гөрі оқу барысында алған білімнің нағыз нәтижесін көрсетеді [3].

Зерттеулерде жаңа геометриялық фактілерді эксперименталды түрде ашуға мүмкіндік бере отырып, күрделі деген формула, теорема және заңдылықтарды тез ұғуға мүмкіндік береді. Сондай интербелсенді геометриялық орта қолданысындағы қолжетімді және материалдық шығындарды қажет етпейтін бағдарламаның бірі- GeoGebra (Геогейбра) [4].

Геогейбра компьютерлік графикалық ортасы- динамикалық салуларды құрудың кең мүмкіндіктеріне ие. Геогейбра геометриялық орта пайдаланушы енгізген бастапқы деректердің сызбасын құруға, шешімнің жалпы алгоритмін өзгертпестен нысандардың параметрлерін өзгертуге, бейнеленген фигуралардың қасиеттері туралы ақпарат алуға, оларды жекелей жасауға мүмкіндік береді. Мұндай

сызбаларды математиканы зерттеудің әртүрлі деңгейлерінде, алгебра мен геометриядан бастап басқа сабақтас пәндерге де қолдануға болады.

Геогебраның негізгі сипаттамалары:

- графика, алгебра және кестелер бір-бірімен байланысты және толығымен динамикалық;
- кең мүмкіндіктерге ие, пайдалануға оңай интерфейс;
- интерактивті оқу материалын өз бетінше құру мүмкіндігі;
- бағдарлама көптеген тілдерде қол жетімді және оны бүкіл әлем бойынша миллиондаған пайдаланушыларға пайдалануға мүмкіндік береді [2].

Осыған орай, біздің мақаламызда Геогебра көмегімен «Көпжақтар» тақырыбын оқытуда тиімді пайдаланудың жолдарын қарастырамыз. «Көпжақтар» тақырыбы стереометрия курсында негізгі тақырыптардың бірі болып табылады.

Сынаптағы бала санын, оқушылардың жаңа тақырыпты игеруінің әртүрлі жылдамдығын, мемлекеттік білім беру стандартына сәйкес кеңістіктегі фигураларға негізделген тақырыптар 11 сыныптарда бар болғаны 26 сағат (I-тоқсанда - 17 сағат, 1 сағат- ТЖБ, II-тоқсанда- 8 сағат) екендігін ескерген жағдайда қарапайым тапсырмаларды ауызша түсіндіріп, кәдімгі тақтада суреттеуге геометрия бөлімінің тапсырмалары күрделі екені белгілі. Сабақ барысында қарастырылатын тапсырмалардың сызбалары есеп шығару уақытының біраз бөлігін алады. Ал сызбаның дұрыс салынуы есеп шығару үрдісін анағұрлым жеңілдететіні бұрыннан белгілі. Осы орайда, Геогебра бағдарламасында «көпжақтар» салу қадамдарын ұсынамыз:

- GeoGebra қосымшасын ашып, жаңа парақ ашыңыз.
- Құралдар тақтасындағы «көпбұрыш» белгішесін басыңыз.
- Көпбұрыштың төбе санын көрсетіңіз.
- Текше, призма, пирамида және басқалары сияқты полиэдрдің әртүрлі нұсқалары ұсынылады.

Сізге қажет көпбұрыш түрін таңдаңыз.

- "OK" түймесін басыңыз.

Қабырғалар мен төбелерден тұратын көпжақтың қаңқасы пайда болады. Жылжыту және түрлендіру құралдарын пайдаланып төбелерін жылжытуға, өлшемдерді өзгертуге немесе көпжақты айналдыруға болады.

### Зерттеу нәтижелері мен талқылау

Геогебраның мүмкіндіктерін тиімді пайдалану тақырыпты түсінуге, сабақты қызықты да, өнімді өткізуге көмектеседі. Осыған орай «Көпжақтар» тақырыбында бірнеше есептерді мысал келтіре өтсек:

1. Табаны шаршы болатын  $ABCD A_1 B_1 C_1 D_1$  көлбеу призманың бүйір қыры табан жазықтығымен  $45^\circ$  бұрыш жасайды.

Егер,  $AA_1=8$ ,  $A_1O$ - призма биіктігі болса, призманың бүйір бетінің ауданын табыңыз.

Мұндағы:  $O$ -  $ABCD$  центрі немесе диагональдарының қиылысу нүктесі [5].

Берілгені:  $ABCD A_1 B_1 C_1 D_1$  –көлбеу призма.

$ABCD$  – квадрат,  $A_1O = h$ ,  $AA_1 = 6$ ,  $\angle A_1AO = 45^\circ$

Призманың бүйір бетінің ауданын табу қажет. Бірінші кезекте берілген есептің сызбасын тұрғызайық (Сурет 1). Сызбаны Геогебра бағдарламасында <https://www.geogebra.org/classic/nzeqdf5> - сілтеме бойынша немесе QR-кодты сканерлеу арқылы (Сурет 2) көруге болады.

Шешуі:

3 перпендикуляр теоремасы бойынша:  $\angle A_1AB = 90^\circ$ .

Осыдан шығады:  $A_1ABB_1$  –тік төртбұрыш.

$\Delta A_1AO$  –дан:  $A_1O=AO$

$$2AO^2 = AA_1^2$$

$$AO^2 = 18$$

$$AO = 3\sqrt{2}$$

$A_1O=AO=3\sqrt{2}$ . Онда  $\Rightarrow AC=6\sqrt{2}$

$$AC^2 = 2AD^2$$

$$(6\sqrt{2})^2 = 2AD^2$$

$$AD^2 = 36$$

$$AD = 6$$



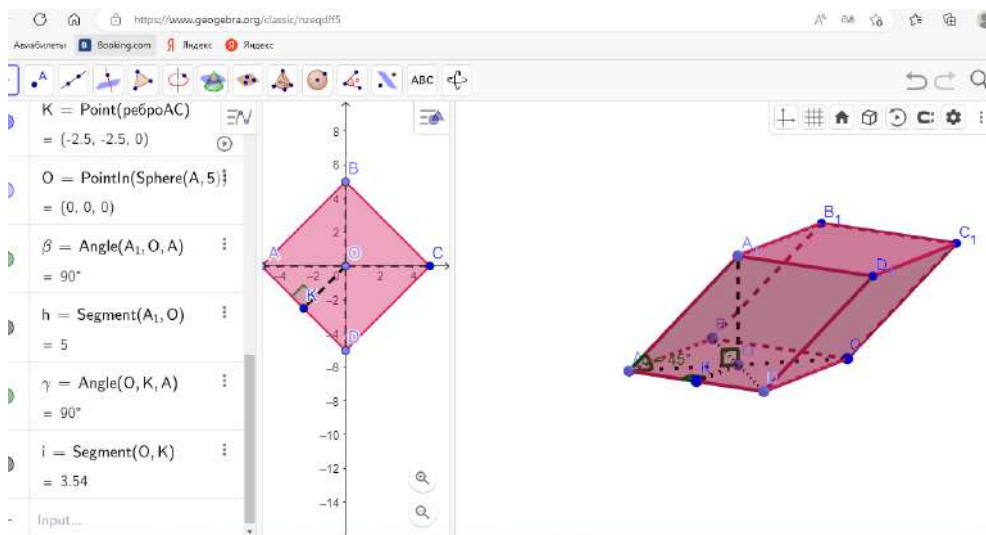
$$\Delta A_1OK \text{ –дан: } A_1K = \sqrt{AA_1^2 - AK^2} = \sqrt{36 - 9} = \sqrt{27} = 3\sqrt{3}$$

Перпендикуляр шарты бойынша  $A_1K \perp A_1D$  болады.

$$S_{\delta,\delta} = 2 \cdot 6 \cdot 3\sqrt{3} + 2 \cdot 6 \cdot 6 = 36(2 + \sqrt{3}) \text{ кв.бірл.}$$

Жауабы:

берілген  $ABCA_1B_1C_1D_1$  –көлбеу призманың бүйір бетінің ауданы  $36(2 + \sqrt{3})$  кв.бірл. тең.



Сурет 1. Табаны шаршы болатын көлбеу призма



Сурет 2. QR -Табаны шаршы болатын көлбеу призма

2. Дұрыс үшбұрышты призманың бір төбесінен жүргізілген екі бүйір жағындығы диагональдарының арасындағы бұрыш  $\alpha$  және ұзындығы  $l$  болсын. Призманың бүйір беті мен толық беті ауданын табыңыз.

Берілгені:  $ABCA_1B_1C_1$  - дұрыс призма

$\Delta ABC$  - теңқабырғалы үшбұрыш,  $A_1C = l$ ,  $\angle CA_1B = \alpha$ .

Шешуі:

Еспепті шешуді тапсырманың сызбасын бастаймыз (Сурет 3.). Сызбаны Геоггебра бағдарламасында <https://www.geogebra.org/classic/vmvxddju> -сілтеме бойынша немесе QR-кодты сканерлеу арқылы (Сурет 4) көруге болады.

Берілген фигураның толық беті мен бүйір бетін есептейік:

$$\Delta CA_1B \text{ -дан: } BC = 2l \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$\Delta A_1AC \text{ -дан: } AA_1 = \sqrt{A_1C^2 - BC^2} = \sqrt{l^2 - 4l^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}} = l \sqrt{1 - 4 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}$$

Призманың бүйір бетінің ауданын табу формуласы:

$$S_{\delta,\delta} = P_{\text{таб}} \cdot h$$

болғандықтан, табан периметрін есептейміз.

$$P_{ABC} = 3 \cdot BC = 3 \cdot 2l \sin \frac{\alpha}{2} = 6l \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$S_{\delta,\delta} = 6l \sin \frac{\alpha}{2} \cdot l \sqrt{1 - 4 \sin^2 \frac{\alpha}{2}} = 6l^2 \sin \frac{\alpha}{2} \sqrt{1 - 4 \sin^2 \frac{\alpha}{2}} \text{ кв.бірл.}$$

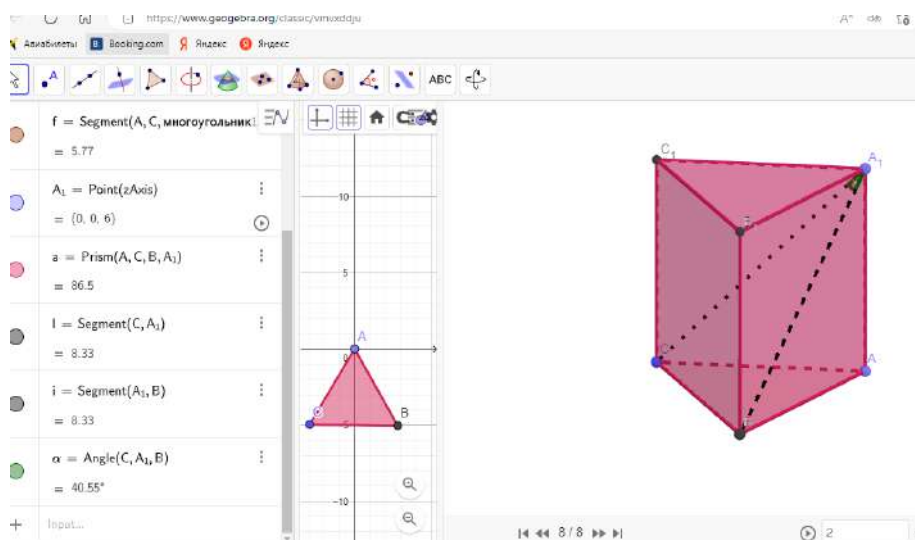
$$S_{ma\delta} = \frac{\sqrt{3}}{4} BC^2 = \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot 4l^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} = \sqrt{3} l^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} \text{ кв.бірл.}$$

$$S_{m.\delta} = S_{\delta.\delta} + 2S_{ma\delta} = 6l^2 \sin \frac{\alpha}{2} \sqrt{1 - 4 \sin^2 \frac{\alpha}{2}} + 2\sqrt{3} l^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} = 2l^2 \sin \frac{\alpha}{2} \left( 3 \sqrt{1 - 4 \sin^2 \frac{\alpha}{2}} + \sqrt{3} \sin \frac{\alpha}{2} \right)$$

кв.бірл.

Жауабы:  $S_{\delta.\delta} = 6l^2 \sin \frac{\alpha}{2} \sqrt{1 - 4 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}$  кв.бірл.

$$S_{m.\delta} = 2l^2 \sin \frac{\alpha}{2} \left( 3 \sqrt{1 - 4 \sin^2 \frac{\alpha}{2}} + \sqrt{3} \sin \frac{\alpha}{2} \right) \text{ кв.бірл}$$



Сурет 3. Табаны үшбұрышты тік призма



Сурет 4. QR-Табаны үшбұрышты тік призма

3. Дұрыс призманың бүйір жағының диагоналі  $l$ -ға тең. Призманың жоғарғы төбесінен табан центрі арқылы өтетін түзу табан жазықтығымен  $\alpha$  бұрыш жасайды. Призманың бүйір бетінің ауданын және толық бетінің ауданын табыңыз.

Берілгені:  $ABCD A_1 B_1 C_1 D_1$  – дұрыс призма.

$ABCD$  – табаны шаршы,  $AB_1 = l$ ,  $\angle B_1 O B = \alpha$

Берілген призманың толық бетінің ауданын табыңыздар.

Шешуі:

Еспепті шешуді тапсырманың сызбасын бастаймыз (Сурет 5.). Сызбаны Геоггебра бағдарламасында <https://www.geogebra.org/classic/crkmngsf> -сілтеме бойынша немесе QR-кодты сканерлеу арқылы (Сурет 6.) көруге болады.

$AB=a$  деп белгілеу енгізсек, онда  $AC = \sqrt{2}a$  болады.

$AC=2AO=2BO$  болғандықтан,  $AO = BO = \frac{\sqrt{2}a}{2}$

$\Delta B_1 O B$  үшбұрышынан:  $B_1 O = \frac{\sqrt{2}a}{2 \cos \alpha}$

$\Delta B_1 O A$  ( $\angle O = 90^\circ$ ) үшбұрышынан:

$$l^2 = BO^2 + B_1 O^2 = \left( \frac{\sqrt{2}a}{2} \right)^2 + \left( \frac{\sqrt{2}a}{2 \cos \alpha} \right)^2$$

$$l^2 = \frac{2a^2}{4} + \frac{2a^2}{4 \cos^2 \alpha}$$

$$l^2 = \frac{a^2 \cos^2 \alpha + a^2}{2 \cos^2 \alpha}$$

$$a^2 = \frac{2l^2 \cos^2 \alpha}{1 + \cos^2 \alpha}$$

$$a = \frac{\sqrt{2}l \cos \alpha}{\sqrt{1 + \cos^2 \alpha}}$$

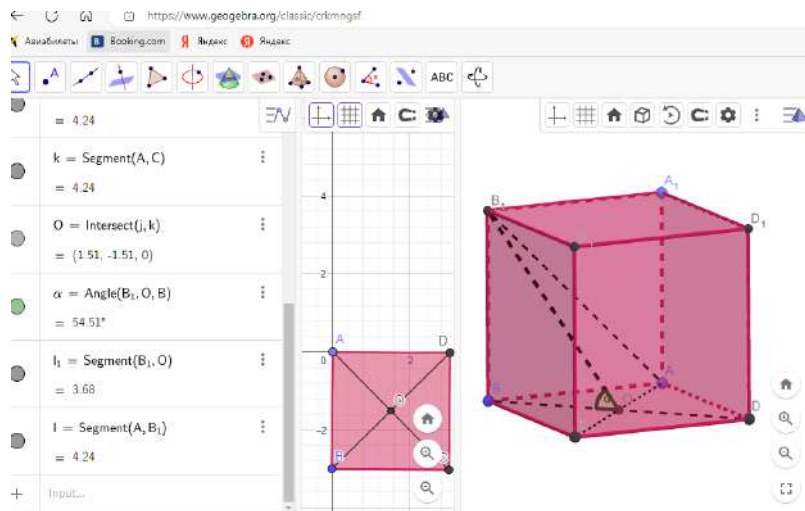
$$\Delta B_1BO \text{ үшбұрышынан: } BB_1 = \frac{\sqrt{2}l \sin \alpha}{\sqrt{1 + \cos^2 \alpha}}$$

$$S_{\text{б.б.}} = \frac{4\sqrt{2}l \cos \alpha}{\sqrt{1 + \cos^2 \alpha}} \cdot \frac{\sqrt{2}l \sin \alpha}{\sqrt{1 + \cos^2 \alpha}} = \frac{4l^2 \sin 2\alpha}{1 + \cos^2 \alpha}$$

$$S_{m.б.} = \frac{4l^2 \sin 2\alpha}{1 + \cos^2 \alpha} + \frac{4l^2 \cos^2 \alpha}{1 + \cos^2 \alpha} = \frac{4l^2 (\sin 2\alpha + \cos^2 \alpha)}{1 + \cos^2 \alpha}$$

Жауабы: берілген дұрыс призманың толық бетінің ауданы

$$S_{m.б.} = \frac{4l^2 (\sin 2\alpha + \cos^2 \alpha)}{1 + \cos^2 \alpha}$$



Сурет 5. Дұрыс призма



Сурет 6. QR-Дұрыс призма

«Көпжақтар» тақырыбының есептері острактілі болғандықтан, тапсырмалардың сызбалары болғандығы тақырыпты тез ұғынуға мүмкіндік береді. Сызбалар сабақ барысында уақыт үнемдеп, ұялы телефонды «тиімді» пайдалануға, оқушының қызығушылығын арттыруға көмектеседі. Бейнеленген фигураларды әртүрлі тұстан қарап, оқушылардың шығармашылық қабілеттері дамиды. Геоггебрада «көпжақтар» сызбасын сызу барысының өзі баланың осы пәнді оқуға деген ынтасын арттырып, өз еркімен тапсырмалар орындауға шабыты ашылады.

Жоғарыда көрсетілген есептер мен сызбалар 2022-2023 оқу жылдарында «Көпжақтарға арналған есептерді шығару» тақырыбында Кенен Әзірбаев атындағы орта мектептің 11<sup>а</sup> сыныбының 25 оқушысына жүргізілді. Нәтижесінде сабақ барысында:

- есеп шартын оқушыларға түсіндіруге кететін уақыт мөлшері біршама азайды;
- оқытушы жаттықтыру бағдарламаларын пайдаланғанда оқушы іс-әрекеті дараландыруға мүмкіндік жасалды;
- бір сабақтағы әрбір оқушының белсенділігін анықтауға жағдай туды;
- бағдарламаның жаңа мүмкіндіктерін қолдануға қызығушылықтары артып, оқушылардың өз бетімен білім алу біліктілігінің дамуына үлес қосты.

«Көпжақтарды» оқытуда Геогедрадан басқа ақпараттық технологиялар көп. Бірнешеуіне тоқтала кетсек:

*Cabri Geometry* [6] – мектепте геометрия мен тригонометрияны оқытуда ғана емес, университет деңгейінде математиктердің ғылыми-зерттеу жұмыстарында қолданылатын динамикалық геометрия пакеті.

*Geometryx* [7] – геометриямен байланысты барлық салаларды қамтитын мамандардың қолданатын қажетті мәндерді есептеп және қажет болған жағдайда есептеулерде математикалық және геометриялық мағынаға ие болуы үшін қандай да бір деректерді енгізу қажеттігін айтатын заманауи геометриялық калькулятор.

*Пифагория* [8] – математикалық заңдарға негізделген ойындарды, фигураларды құру, есептеулер жүргізу мүмкіндігін ұсынатын құрал [9].

### Қорытынды

Қазіргі уақытта оқытудың заманауи технологияларын пайдаланбай оқу-тәрбие процесін ұйымдастыру мүмкін емес екендігі белгілі. Сабақ барысында ақпараттық технологияларды пайданудың негізгі мақсаты- оқушылардың білім деңгейі дәстүрлі сабақ жүйесімен оқығандағы нәтижелерімен салыстығанда заманауи әдістерді қолдана отырып оқығанда кем дегенде 3% артық болуында [10]. Ал сабақ барысын қалай өткізу мұғалімнің жауапкершілігінде қалады.

Мұғалімнің негізгі мақсаты- оқушыларға қажетті, түсінікті білім беру. Ал енді оқушылардың көзіне қиын болып көрінген тапсырмаларды жеңілдетіп, қолжетімді түрде көрсету арқылы ол мақсатқа жете алады деп білемін. Бізге берілген айналадағы мүмкіндіктерді максималды түрде пайдалану өз қолымызда. Мысалы, тап осы «Көпжақтар» тақырыбын өткенде оқушыларға есептің сызбасын Геогедра бағдарламасында сызып көрсетіп, шыққан фигураны барлық тұстарынан айналдырып көрсеткенде баланың қызығушылығы артып, басқа есептердің сызбаларын өз еркімен сызып көруге ынтасы артады. Бар болғаны 45 минуттық сабақта есептердің сызбаларының дайын сілтемесі арқылы сыныпта шығарылатын есептер санын көбейтіп, тақырыпты тереңінен түсінуге мүмкіндік аламыз. Математикаға қабілеті аса көп емес, шығармашылыққа жақын балалардың өзін көрсетуге мүмкіндік беріп, жаңа қырларын ашуға, өзін көрсетіске мүмкіндік беруге болады. Ең бастысы «Математика» сабақтарының балалар ойлағандай қызықсыз, зерігерлік пән еместігін көрсетіп, оларға пәнді жаңа қырынан көрсетуге болатындығын ұғынуға болады.

### Пайдаланылған әдебиеттер:

- 1 Чиркова Л.Н. *Виртуальная информационнообразовательная лаборатория как средство воспитания творческой личности. Научная статья. 2016 г., - С. 40*
- 2 Вахрушева М.К. *Теоретическое и практическое использование интерактивной программы geogebra для обучения внеклассной работы по математике. Научная статья, 2015 г., — С. 293.*
- 3 Криницина В.Ю. *Роль инновационных компьютерных технологий на уроках геометрии. Статья в сборнике трудов конференции. 2019 г. - С. 136-138*
- 4 *GeoGebra Math Apps [Электрондық ресурс]. – Кіру режимі: <https://www.geogebra.org/classic>*
- 5 Рабинович Е.М. *Задачи и упражнения на готовых чертежах. Учебник для 10-11классов. 2006 г., — С. 50-54*
- 6 *Cabri Geometry [Электрондық ресурс]. – Кіру режимі: <https://cabri.com/>*
- 7 *Geometryx [Электрондық ресурс]. – Бағдарламаға сілтеме: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.famobix.geometryx&hl=ru&gl=US>*
- 8 *Пифагория [Электрондық ресурс]. – Бағдарламаға сілтеме: [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.hil\\_hk.pythagorea&hl=ru&gl=US](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.hil_hk.pythagorea&hl=ru&gl=US)*
- 9 *Өрлеу БАҰО, Педагогтардың цифрлық құзырлығын дамыту курсы. 2021 ж.*
- 10 *Ефимова Н.Г. Влияние икт на качество обучения и школьные результаты. Научная статья. 2019 г. С. 36-43*

References:

- 1 Chirkova L.N.(2016) *Virtualnaya informatsionno obrazovatel'naya laboratoriya kak sredstvo vospitaniya tvorcheskoi lichnosti. Nauchnaya statya. [Virtual information and educational laboratory as a means of educating a creative personality. Scientific article] p. 40 (In Russian)*
- 2 Vakhrusheva M.K.(2015) *Teoreticheskoe i prakticheskoe ispolzovanie interaktivnoi programmy geogebra dlya obucheniya vneklassnoi raboty po matematike. Nauchnaya statya [Theoretical and practical use of the interactive Geogebra program for teaching extracurricular work in mathematics. Scientific article]. p. 293. (In Russian)*
- 3 Krinitsina V.Yu. (2019) *Rol innovatsionnykh kompyuternykh tekhnologii na urokakh geometrii. Statya v sbornike trudov konferentsii [The role of innovative computer technologies in geometry lessons. Article in the proceedings of the conference]. p. 136-138 (In Russian)*
- 4 *GeoGebra Math Apps [Elektrondyk resurs]. – Kiru rezhimy[[Electronic resource]. - Access mode]: <https://www.geogebra.org/classic>*
- 5 Rabinovich E.M. (2006) *Zadachi i uprazhneniya na gotovykh chertezhakh. Uchebnik dlya 10-11klassov [Tasks and exercises on ready-made drawings. Textbook for grades 10-11]. p. 50-54 (In Russian)*
- 6 *Cabri Geometry [Elektrondyk resurs]. – Kiru rezhimy [[Electronic resource]. - Access mode]: <https://cabri.com/>*
- 7 *Geometryx [Elektrondyk resurs]. – Bagdarlamaga silteme [[Electronic resource]. - Link to the program]: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.famobix.geometryx&hl=ru&gl=US>*
- 8 *Pifagoriya [Elektrondyk resurs]. – Bagdarlamaga silteme [[Electronic resource]. - Link to the program]: [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.hil\\_hk.pythagorea&hl=ru&gl=US](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.hil_hk.pythagorea&hl=ru&gl=US)*
- 9 Orleu BAUO(2021), *Pedagogtardin tsifrlyk kuzyrlygyn damytu kursy[Course on the development of digital competence of teachers]. (In Kazakh)*
- 10 Efimova N.G.(2019) *Vliyanie ikt na kachestvo obucheniya i shkolnye rezultaty. Nauchnaya statya[The impact of ICT on the quality of education and school results. Scientific article.]. p. 36-43 (In Russian)*

А.А. Ахатай<sup>1</sup>, А.Ж. Сейтмұратов<sup>1</sup>, Г.М. Усайнова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., Қазақстан  
\*e-mail: A.akzhan@icloud.com

## МЕКТЕПТЕГІ ПӘНАРАЛЫҚ STEM БІЛІМ БЕРУДЕГІ МАТЕМАТИКАНЫҢ РӨЛІ

*Аңдатпа*

Қарқынды технологиялық инновациялар мен жаһандық сын-қатерлер кезінде ғылыми, технологиялық, инженерлік және математикалық құзыреттіліктер (STEM) маңызды бола түсуде. Ол тәсіл оқушылардың жеке ғылыми сауаттылығын арттырады, халықаралық экономикалық бәсекеге қабілеттілік пен этикалық азаматтықты қоса алғанда, оларды планетамызға ұқыпты қарауға баулу маңызды болып табылады. Бұл тенденция STEM біліміне қатысты іс-әрекеттің шұғыл қажеттілігін көрсетеді. Математика барлық басқа STEM пәндерінің негізінде жатыр деп кеңінен танылғанымен, оның интеграцияланған STEM білім берудегі рөлі бағаланбайды. Сабақтағы ақыл-ой жүктемесі неғұрлым жоғары болса, соғұрлым оқушылардың пәнге деген қызығушылығы әлсірейді. Нақты өмірлік жағдаяттармен байланысы бар тапсырмалар балалардың қызығушылығын, мәселені шешуге деген ұмтылысын оятады, өйткені мұндай дағды болашақта шынайы өмірде пайдалы болуы мүмкін. Біз аталмыш мақалада математикалық білім берудегі өзгерістерге балама тәсілді ұсына отырып бұл баламаның STEM біліміне қалай қолданылатынын көрсетеміз. Сонымен қатар математиканың STEM біліміндегі рөлін және оны үш пәнаралық тәсілмен қалай ілгерілетуге болатындығын зерттей отырып, осы мәселенің мынандай элементтерін қарастырамыз: (1) ХХІ ғасыр дағдылары; (2) математикалық модельдеу. Мақаланың соңында біз осы екі аспектіге қатысты зерттеулердің әлеуетін талқылаймыз және болашақта қандай жұмыс істелу керектігін көрсетеміз.

**Түйін сөздер:** STEM білім беру, математикалық модельдеу, жиырма бірінші ғасыр дағдылары, әлеуметтік-ғылыми мәселелер, STEM-дегі математиканың рөлі.

*Аннотация*

А.А. Ахатай<sup>1</sup>, А.Ж. Сейтмұратов<sup>1</sup>, Г.М. Усайнова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Қызылорда университеті имені Қорқыт Ата, г.Қызылорда, Қазақстан

## РОЛЬ МАТЕМАТИКИ В МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОМ STEM-ОБРАЗОВАНИИ В ШКОЛЕ

Компетенции в области науки, технологий, инженерии и математики (STEM) становятся все более важными во времена быстрых технологических инноваций и глобальных вызовов. Такой подход повышает личную научную грамотность студентов, включая международную экономическую конкурентоспособность и этическую гражданственность. Эта тенденция подчеркивает настоятельную необходимость действий в области STEM-образования. Хотя математика широко признана основой всех других предметов STEM, ее роль в интегрированном образовании STEM недооценивается. Чем выше умственная нагрузка на уроке, тем слабее интерес учащихся к предмету. Задания, связанные с реальными жизненными ситуациями, вызывают у детей интерес и желание решать задачи, ведь такие навыки могут пригодиться в реальной жизни в будущем. В этой статье мы предлагаем альтернативный подход к изменениям в математическом образовании и показываем, как эта альтернатива применима к STEM-образованию. Также мы обращаемся к элементу этой проблемы, исследуя роль математики в STEM-образовании и то, как ее можно улучшить с помощью трех междисциплинарных подходов: (1) навыки двадцать первого века; (2) математическое моделирование. В конце статьи мы обсуждаем потенциал исследований в отношении этих двух аспектов и указываем, какую работу необходимо проделать в будущем.

**Ключевые слова:** STEM-образование, математическое моделирование, навыки ХХІ века, социально-научные проблемы, роль математики в STEM.

*Abstract*

## THE ROLE OF MATHEMATICS IN INTERDISCIPLINARY STEM EDUCATION IN SCHOOL

Ahatai A., Seitmuratov A., Ussainova G.

<sup>1</sup> Kyzylorda University named after Korkyt Ata, Kyzylorda, Kazakhstan

Science, technology, engineering and mathematics (STEM) competencies are becoming increasingly important in times of rapid technological innovation and global challenges. This approach increases students' personal scientific literacy, including international economic competitiveness and ethical citizenship. This trend highlights the urgent need for action on STEM education. Although mathematics is widely recognized as the foundation of all other STEM subjects,

its role in integrated STEM education is underappreciated. The higher the mental load in the lesson, the weaker the students' interest in the subject. Tasks related to real-life situations arouse children's interest and desire to solve problems, because such skills can be useful in real life in the future. The tasks related to real-life situations arouse the children's interest and desire to solve tasks, as these skills can be useful in real life in the future. In this paper we propose an alternative approach to changes in mathematics education and show how this alternative applies to STEM education. We also address an element of this problem by exploring the role of mathematics in STEM education and how it can be improved through three interdisciplinary approaches: (1) twenty-first century skills; (2) mathematical modelling. At the end of the paper, we discuss the potential for research in relation to these two aspects and indicate what work needs to be done in the future.

**Keywords:** STEM education, mathematical modelling, 21st century skills, socio-scientific issues, role of mathematics in STEM.

### **Кіріспе**

Соңғы жарты ғасырда математиканың процестері мен әдістеріне (мысалы, есептерді шығару) көбірек көңіл бөлінсе де, басым көпшілігі әлі де оқушыларға қандай мазмұн ұсынылуы керек екеніне баса назар аударылады. Шынында, математиканың индуктивті бөлігінің көп бөлігі жоғалып кетті, ал дедуктивті бөлігі жиі пайымдау түрі емес, есте қалған процедуралар ретінде ұсынылады. Оқушылар үшін дұрыс тәжірибе ұйымдастырсақ, ресми математика сол тәжірибелерді ұйымдастыруға және жүйелеуге көмектеседі.

Жалпы білім беретін мектеп оқушыларының бойында математикалық қабілеттерін дамытудың педагогикалық технологиялары ретінде электрондық бағдарламаны тәжірибелік-эксперименттік тексеру негізгі міндеттердің бірі болғандықтан, ұсынылған электрондық бағдарламаны қолданбас бұрын анықтаушы эксперимент жүргізілді, содан кейін жыл бойы электрондық бағдарламаны қолдану арқылы өзгерістерді білу үшін жыл соңында қалыптастырушы эксперимент жүзеге асырылды.

Нақтырақ тоқталатын болсақ: тәжірибелік бөлімде эксперименталды алаң етіліп, 2 топ зерттелінді. Олар әр түрлі 9-15 жастағы Қызылорда қаласының «М.Шоқай атындағы №187 ІТ мектеп-лицейі» КММ мектеп базасында жүргізілді. Зерттелінушілер саны 46 баланы құрайды. 24—«эксперимент топ», 22—«бақылау тобы» болып алынды.

Тәжірибелік-эксперимент 3 кезеңнен тұрады:

1. Анықтаушы эксперимент;
2. Қалыптастырушы эксперимент;
3. Қорытынды эксперимент.

Математика сабақтарында оқушылар тек теориялар мен формулаларды жаттап қана қоймай, мысалы, зымыран моделін құра білуі керек, осылайша олар өз көздерімен бірдей тартымдылық заңдарының қалай жұмыс істейтінін көре алады. Оны құрастыра отырып, балалар басымен және қолдарымен жұмыс істейді, есептеулерін шындықта тексереді.

Осылайша, олар мектеп партасында отырып, прототиптер мен эксперименттерді сынауға жүздеген сағат жұмсай отырып, әрқашан өз дағдыларын шындайтын инженер, технолог, экспериментатор, ғалым мамандықтарын сынап көре алады.

STEM технологиясын қолдана отырып, оқушылардың математикаға деген қызығушылығын қолдауға болады. Математиканың физикамен, тарихпен, әдебиетпен, биологиямен, информатикамен және т. б. тікелей байланысын орнататын есептер негіз болып табылады.

Математика сабақтарында шешілетін мәселені біртұтас қабылдауды, шешім әдістерін таңдай білуді, білімді, дағдыларды бір оқу пәнінен екіншісіне ауыстыру мен қолдануды, әртүрлі пәндерден (физика, химия, информатика және т.б.) фактілерді тану мен қолдануды тұжырымдау маңызды.

Шығармашылық жобаларды орындау математиканы оқуға деген ынта деңгейін арттырады, оқушыларға негізгі жалпы математикалық ұғымдарды қалыптастыруға көмектеседі, оқушыларға шығармашылық қабілеттерін жүзеге асыруға, математикалық дағдылар мен дағдыларды дамытуға мүмкіндік береді.

Эксперименталды топта Қызылорда қаласының «М.Шоқай атындағы №187 ІТ мектеп-лицейі» КММ мектеп базасында оқитын оқушылардан және ата-аналарынан зерттеу жұмысына қатысу барысына келісім алынды. Бақылау тобында жылдық үлгерімі сәл төмендеу сынып оқушылары болды. Оның өзінде сынып жетекшісі мен ата-аналары зерттеу жұмыстарынан кейін эксперименттік топтағы балалардың нәтижелерін білуге қызығушылық тудырды.

### **Зерттеу материалдары мен әдістемесі**

Осындай көзқарасты талдай келе, біз мынандай қорытындыға келдік, бұл жүйе оқушылардың математикалық қабілеттерін ашуда айтарлықтай жағымды нәтиже бермейді. Өйткені, тәжірибелік сабақтарда есептерді көбірек шығарып жаттығуға уақыттары жете бермейді. Дегенмен, сабақ барысында балалардың математикаға деген қызығушылықтары оянатындықтан есептерді өз бетінше үйден шығаруға да ынталанады. Мұндай білім өмір бойы сақталады және баланың болашақ дағдыларын меңгеруіне мүмкіндік береді [1].

Сондықтан да, Фролов А. В. [2], Захарова О.Г. [3], Шенфельд, А. Х. [4], Флоден, Р. [5], Эль Чидиак, Ф. [6] зерттеулеріне сүйене отырып STEM сабақтарының негізгі мақсаты креативті ойлай алатын дарынды тұлғаларды даярлауға негізделгендігін басты назарға аламыз. Сәйкесінше STEM білім берумен академиялық жаратылыстану пәндері мен технологиялар тұжырымдамаларынан қабілетті арнайы білімі бар мұғалімдер немесе қосымша кәсіби дайындықтан өткен және бір жүйеде жұмыс істеуге дайын жұмыс істейтінін атап өткен жөн [7].

Жобаларды оқытылатын пәндер бойынша немесе бейіні мен білім деңгейіне сәйкес бір пән бойынша жіктеуге болады. Көбінесе оқушыларға мектепке сәйкес келетін оларды қызықтыратын тақырыптар бағдарламасы ұсынылады. Жобалар курсаралық немесе оқытылатын пәндерден тыс болуы мүмкін[8].

Өзара әрекеттесу негізіндегі жобалардың жіктелуі:

- сыныпшілік – бір сыныпта орындалатын жобалар;
- мектепшілік – бір мектеп ішінде ұйымдастырылған жобалар, бойынша бір пән бойынша немесе пәнаралық сабақтар;
- аймақтық – мектептер, сыныптар арасында ұйымдастырылатын жобалар
- аймақ ішінде, бір ел ішінде;
- халықаралық – олар мәдениеттер диалогын жүзеге асырады.

Жобалардың қатысушылар саны бойынша жіктелуі:

- жеке (жеке);
- жұптар;
- топ.

Ұзақтығы бойынша жобалардың жіктелуі:

- қысқа мерзімді;
- орта мерзімді;
- ұзақ мерзімді.

Жобалардың басым бағыт бойынша жіктелуі [9,10]:

- зерттеу;
- шығармашылық;
- ойын;
- ақпараттық;
- әлеуметтік маңызы бар.

Зерттеу жүргізуде таңдалынып алынған екі топқа толық оқу жылы бойы эксперименттің барлық кезеңдерін өткіздім.

Таңдап алынған екі топты салыстыру үшін арнайы жобалық түрдегі авторлық бағдарлама құрастырып көрдім. Олай жасаған себебім, экспериментке дайын материалдық база жоқ болды. Ол бағдарламадағы құрастырылған жұмыстар мен тапсырмалар оқушылардың жас ерекшеліктерін ескеріп, білімдерін жетілдіріп, дамытуға арналған. Басты мақсатым эксперимент нәтижелері сәтті болған жағдайда аталмыш жобаны толықтырып нақты әдістемелік құрал ретінде ұсыну болған. Енді төменде оның мазмұнына шолу жасап көрсетемін.

Бағдарламаның мақсаты:

- Дәстүрлі білімге тән практикалық міндеттерді шешуден алшақтықты еңсеру және оқушыларға түсінікті оқу пәндері арасында байланыс орнату;
- Оқушыларға математикалық білім, білік, дағдыларын игерту;
- Заманауи технологиялар мен ақпарат көздерін пайдалана отырып оқушылардың шығармашылық қабілеттерін арттыру;

Бағдарламаның міндеті:

- Оқушының тұлға ретінде қалыптасуына әсер ету;
- Ақыл-ойын және ерік пен сезім белсенділігін арттыру;



- Логикалық ойлау қабілеттерін арттыру;
- Математикалық тілде сөйлеу машығын қалыптастыру;
- Оқушылардың танымдық қабілетін дамытып, қызығушылығын арттыру.

Бағдарламаның ерекшелігі: аталған бағдарламада құрастырылған тапсырмалар оқушылардың логикалық ой-өрісін қалыптастырады. Тапсырмалар оңайдан жеңілге қарай негізделген. Әрбір тақырыпқа құрастырылған тапсырмалар оқушылардың пәнге деген қызығушылығын арттыру мақсатында қызықты әрі логикалық тұрғыда құрастырылған. Оқушылардың нақты өмірде ғылыми-техникалық білімді қолдану дағдыларын арттырады.

Оқушылардың біліктілігіне қойылатын талаптар

- Әр түрлі математикалық білім көздерінен мағлұмат ала білу;
- Математикалық тақырыптар мен геометриялық фигураларды өзге пәндерден алған білімін пайдалана отырып салыстыру жасай білу;
- Математикалық білімді күнделікті өмірде пайдалана алу;
- Өз бетінше зерттеу жұмыстарын жүргізе алуға машықтану [11].

Күтілетін нәтижелері және оларды тексеру әдістері:

1. Оқушылар кеңістік денелерді, геометриялық фигураларды ажыратып, логикалық ойды дамытуға арналған білімдерді меңгереді;
2. Математикалық тілде сөйлеуге машықтанып, ой-өрісін, қабілетін дамытады;
3. Даму мониторингі айқын көрінеді;
4. Шығармашылық ой- өрісі дамиды;
5. Күрделі практикалық мазмұнды есептерді өмірмен байланыстыра отырып шеше алады;
6. IT технологияларды қолдану арқылы оқушылардың математикалық мәдениеті мен шығармашылық қабілеттерінің дамуы, танымдық деңгейі көтеріледі;
7. Пәнаралық байланыс жоғары деңгейде көрініс табатын болады [12].

«Геометрия сабағында STEM технологиясын қолдану арқылы оқушыларды зерттеу жұмыстарына баулу» атты жобалық авторлық бағдарламаның тақырыптық жоспары мен тақырыптық мазмұнын төмендегіше құردым. Осы жоба бойынша 2021-2022 оқу жылында аптасына 1 сағаттан математика пәніне STEM тәсілдерін қолданып өтіп отырдым.

I. Кіріспе (1 сағ)

Геометриялық фигуралар туралы түсінік

II. Планиметрия фигуралары ( 6 сағ)

Планиметрия фигуралары. Үшбұрыштар. Төртбұрыштар. Шеңбер және дөңгелек. Трапеция. Ромб

III. Стереометрия фигуралары ( 6 сағ)

Стереометрия фигуралары. Пирамида. Параллелепипед. Цилиндр. Шар. Конус

IV. 5E модулі бойынша зерттеу( 5 сағ)

5E ұғымын қалыптастыру. Үшбұрышқа қатысты зерттеу жұмысы. Төртбұрыштың өмірдегі қолданысын зерттеу. Шеңбер мен дөңгелектің өмірдегі қолданысын зерттеу. Трапеция мен ромбқа қатысты зерттеу сабағы

V. Мәселеге бағытталған оқыту (PBL) ( 7 сағ)

Табиғи апатқа төзімді үй макеті. Жел энергиясымен жылитын ғимарат макеті. Омыртқаға пайдалы үстел макеті. Электрондық тақталар макеті. Гаджеттерді судан сақтауға арналған қорап макеті. Оқушылар шығармашылығы.

VI. Геометриялық есептер ( 8 сағ)

Фигураларға байланысты операциялар. Геометриялық мазмұндағы есептер. Оқушылар шығармашылығымен айналысу

VII. Қорытынды (2 сағ)

Қорытындылау. Зерттеу нәтижелерін шығару

Жобаланған жұмысты жүзеге асыру үшін арнайы өзіндік бағалау жүйесін де құру керек болды. Бағалау критерийлері оқушылардың сабақ барысында және сабақ соңында рефлексия жасағанда көрінетін нәтижелерге негізделген. Әр оқушының пікірі назардан тыс қалмайды. Барлығын жинақтап толық сынып бойынша нәтижесін қорытып отыру керек болды. Біз құрастырған бағалау критерийін төмендегі 1-кестеден көруге болады [13] .

Кесте 1. Оқушылардың сабақ барысындағы жүргізген жұмыстары мен шығарған есептеріне қатысты бағалау кестесі

Бағалау критерийі	Деңгей	Дескриптор	Балл
		білім алушы	
Формативті бағалау	Жоғары	Сабақ тақырыбын толық түсінгенін дәлелдеп, талдайды; Есептердің барлық деңгейін шығарып оны өмірде қолдана алатындығын көрсетеді.	9-10
		Сабақ тақырыбын толық түсінгенін дәлелдеп, талдайды;	7-8
Формативті бағалау	Орташа	Формулаларды жаттанды түрде ғана қолданады; Тақырыпты ашып айта алмайды.	5-6
		Есептеулерден көп қате жібереді. Тақырыпты ашып айта алмайды.	3-4
	Төмен	Тақырыпқа қатысты ойын сөйлеммен ғана айта алады.	1-2
			Барлығы: 10

### Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Диагностикалық зерттеу нәтижесін өңдеу үшін бағалау жүйесі анықталды. Қатынасты бағалау көрсеткіштері: Жыл басындағы математикалық есеп шығару дағдыларының даму деңгейін анықтауға арналған тапсырмаға сәйкес эксперимент тобында 5 оқушы жоғары, 8 оқушы орташа, 11 оқушы төмен, ал бақылау тобында 5 оқушы жоғары, 8 оқушы орташа, 9 оқушы төмен көрсеткіштерге қол жеткізді (пайыздық көрсеткіштері келесі 2-кестеде көрсетілген).

Кесте 2. Жыл басындағы математикалық есеп шығару дағдыларының даму деңгейінің көрсеткіші

Бағалау критерийлері	Жоғары	Орташа	Төмен
Эксперимент тобы (24 оқушы)	21 %	35 %	44 %
Бақылау тобы (22 оқушы)	22 %	37 %	41 %

Жыл басындағы математикалық ұғымдарды өмірде қолдана білу дағдысының жағдайы деңгейінің көрсеткіші тапсырмаға сәйкес эксперимент тобында 8 оқушы жоғары, 12 оқушы орташа, 4 оқушы төмен, ал бақылау тобында 9 оқушы жоғары, 4 оқушы орташа, 9 оқушы төмен көрсеткіштерге қол жеткізді (пайыздық көрсеткіштері келесі 3-кестеде көрсетілген).

Кесте 3. Жыл басындағы математикалық ұғымдарды өмірде қолдана білу дағдысының жағдайы деңгейінің көрсеткіші

Бағалау критерийлері	Жоғары	Орташа	Төмен
Эксперимент тобы (24 оқушы)	34 %	48 %	18 %
Бақылау тобы (22 оқушы)	45 %	22 %	33 %

Жыл соңындағы математикалық есеп шығару дағдыларының даму деңгейінің көрсеткіші деңгейін анықтауға арналған тапсырмаға сәйкес эксперимент тобында 9 оқушы жоғары, 8 оқушы орташа, 7 оқушы төмен, ал бақылау тобында 9 оқушы жоғары, 9 оқушы орташа, 4 оқушы төмен көрсеткіштерге қол жеткізді (пайыздық көрсеткіштері келесі 4-кестеде көрсетілген).

Кесте 4. Жыл соңындағы математикалық есеп шығару дағдыларының даму деңгейінің көрсеткіші

Бағалау критерийлері	Жоғары	Орташа	Төмен
Эксперимент тобы (24 оқушы)	36%	34 %	30 %
Бақылау тобы (22 оқушы)	42 %	39 %	19 %

Жыл соңындағы математикалық ұғымдарды өмірде қолдана білу дағдысының деңгейінің көрсеткіші тапсырмаға сәйкес эксперимент тобында 8 оқушы жоғары, 8 оқушы орташа, 8 оқушы төмен, ал бақылау тобында 9 оқушы жоғары, 9 оқушы орташа, 4 оқушы төмен көрсеткіштерге қол жеткізді (пайыздық көрсеткіштері келесі 5-кестеде көрсетілген).

Кесте 5. Жыл соңындағы математикалық ұғымдарды өмірде қолдана білу дағдысының жағдайы деңгейінің көрсеткіші

Бағалау критерийлері	Жоғары	Орташа	Төмен
Эксперимент тобы (24 оқушы)	34%	36 %	30 %
Бақылау тобы (22 оқушы)	40 %	40 %	20 %

Экспериментке дейінгі талдау нәтижелері мен эксперимент жүргізілгеннен кейінгі салыстырмалы қорытынды көрсеткіштері келесі (1-суретте).



Сурет 1. Экспериментке дейінгі талдау нәтижелері мен эксперимент жүргізілгеннен кейінгі салыстырмалы қорытынды көрсеткіштері.

### Қорытынды

Математика STEM үшін іргелі болып табылады деп жалпы қабылданғанымен, қашықтықтан математика STEM-ді тәжірибеде оқытумен, сондай-ақ стипендияны дамытумен байланысты. Математиканың өнім ретіндегі идеясы математиканың басқа STEM пәндерімен интеграциясына ықпал етпейді, өйткені математиканы осы пәндерге арналған құралдар жиынтығы ретінде ғана қабылдауға болады. Сонымен қатар, математика мен жаратылыстану ғылымдары көбінесе параллельді жолмен жүрді, математика «есептерді шешуге», ал ғылым «зерттеуге» бағытталған. STEM-дегі математика мен басқа пәндерді жақсырақ байланыстыру үшін біз математикадағы идеялар мен ойлауды дамытуға назар аударуымыз керек.

Жалпы сыныптағы оқуды және атап айтқанда, сыныптағы оқытуды бақылау және бағалау үшін кеңінен қолданылатын бірнеше шеңберлер мен айдарлар бар. Дегенмен, таңдаулы сыныптағы математикалық эпизодтары бар таңдалған шеңберлерді сынақтан қолдану олардың жоғары сапалы оқу деп саналатындығы туралы келіспеушілігін анықтады, әсіресе тәртіптік ойлау аспектілері мен сәйкес сыныптағы тәжірибені қарастырғанда нәтижелер оқыту әдістерін талқылау және бағалау ауқымын қарастырғанда шешім қабылдаудың маңыздылығын көрсетеді.

Жоғарыдағы талқылауымыз математиканы жай ғана статикалық білім мен дағдылардың жиынтығы ретінде қарастырудан, математиканы оқыту мен оқуда идеяларға назар аударуға және ойлауды дамытуға көшудің маңыздылығын көрсетеді. Өзгерістердің бірнеше аспектілерін одан әрі талқылау өзгерту үшін математика мен STEM білім беруді түсінуге, түсінуге және байланыстыруға байланысты тәжірибелерді әзірлеу және пайдалану қажеттілігін анықтайды.

Эксперименттің қорытынды кезеңінің нәтижелері бойынша математикалық дағдылардың үш деңгейі анықталып, оларға сапалы сипаттама берілді. Зерттеудің қалыптастырушы кезеңінде алынған теориялық ережелерді, тұжырымдамалық тәсілдерді, деректерді талданды. Қорытындылау барысында математика мұғалімдеріне арналған авторлық бағдарлама ұсынылды, ата-аналармен ақпараттық-ағартушылық жұмыстар жүргізілді.

Қорыта келе, мектеп оқушыларына математика пәнін STEM білім беру әдістерімен жүргізудің ең ұтымды тұлғасын анықтадық. Оларға жекелей тоқталып өтер болсам, біріншіден, топтық жұмыс өз ойыңызды еркін жеткізуге, қателесуден және көмек сұраудан қорықпауға, басқалардың ойын тыңдауға үйретеді. Оқу процесіне белсенді қатысу оқылатын материалды берік түсінуге әкеледі. Одан кейін икемді аудитория. Үш қатардағы үстелдер енді өзекті емес. Қойылған тапсырмаларға байланысты кестелерді орналастыру қажет: шеңберде, бірнеше парталар топтарында немесе олардан толығымен бас тарту дегендей. Үшіншіден, қазіргі заманғы визуализация құралдарын пайдалану. Яғни, проекторлармен, плакаттармен интерактивті сабақтар материалды қабылдауды жақсартады және оқушылардың оқу процесіне қатысуын арттырады.

Соңғы артықшылығы - инженерлік мамандықтарға қызығушылықтарын ояту. Қарқынды дамып келе жатқан мамандықтардың көпшілігінің пәндерін білуді талап етеді. Стоматологиялық әдіспен тұрақты сессиялар шығармашылық шешімдерді ынталандырады, бұл балалардағы инновациялық жобалар санының артуына әкеледі.

STEM тәсілінің негізгі идеясы мынада: тәжірибе теориялық білім сияқты маңызды. Яғни, оқу барысында тек миымызбен ғана емес, қолымызбен де жұмыс істеуіміз керек. Тек сынып қабырғасындағы білім тез өзгеріп жатқан әлемге ілеспейді. STEAM тәсілінің басты айырмашылығы – мұнда балалар әртүрлі пәндерді сәтті меңгеру үшін миын да, қолын да пайдаланады. Олар алған білімді өз бетінше «шығарады».

*Пайдаланған деректер тізімі:*

- 1 Стратегический план развития Республики Казахстан //URL: <http://adilet.zan.kz> (дата обращения: 02.09.2020).
- 2 Конвенция о правах ребенка от 4 июля 2001 года // URL: <http://online.zakon.kz>. (дата обращения: 02.09.2020).
- 3 Чельшиева, Ю.В STEAMS- среда и навыки будущего// STEAMS практики в образовании Сборник лучших STEAMS практик в образовании Часть 1. STEAMS практики в дошкольном образовании. ГАОУ ВО МГПУ, - М: «Перо», 2021. -С.13-15.
- 4 Прохорова, А. В. Возможности реализации STEAMS-проекта по теме «Деревья» в старшем дошкольном возрасте//STEAMS практики в образовании Сборник лучших STEAMS практик в образовании Часть 1. STEAMS практики в дошкольном образовании. ГАОУ ВО МГПУ, - М: «Перо», 2021. -С.16-2
- 5 Фролов А. В. Роль STEM-образования в «новой экономике» США // Вопросы новой экономики. - 2010. - № 4 (16)
- 6 Захарова О.Г. Определение понятия «креативность» в научной литературе [Электронды ресурс]. – 2017.URL: <http://moluch.ru/conf/ped/archive/216/12734/>(дата обращения: 08.05.2020)
- 7 Шенфельд, А. Х., Флоден, Р., Эль Чидиак, Ф., Джиллингем, Д., Финк, Х., Ху, С., Саяведра, А., Велтман, А., & Зарх, А. (2018). О наблюдениях в классе. Журнал для STEM-образования, 1(1-2), 34–59
- 8 Winning the Race to Educate Our Children. Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education in the 2012 Budget (White House Office of Science and Technology Policy). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/OSTP-fy12-STEM-fs.pdf> свободный (дата обращения: 25.08.2015).
- 9 Бабанский Ю.К. Выбор методов обучения в средней школе, – М.: Педагогика, 1996. – 646 с.
- 10 Гурьев А.И. Развитие самостоятельности и творческой активности – Челябинск, 1997. – 21 с.
- 11 Нозайбаева Г. Развитие STEM образования в мире и Казахстане. // Білімді ел -Образованная страна №20 (57), 2016.
- 12 Кузекбай А.: В Казахстане необходимо активно внедрять STEAM- образование// [Электрон.ресурс]. Baigenews №1, 2018 .
- 13 Bybee R. W. The case for STEM education: Challenges and opportunities. [Электронный ресурс] // Arlington, VA: National Science Teachers Association Press. 2013. URL: <http://static.nsta.org/files/PB337Xweb.pdf>, свободный (дата обращения: 18.09.2015).

References:

- 1 Strategic plan for the development of Respublika Kazakhstan .URL: <http://adilet.zan.kz> (date of publication: 02.09.2020). (in Russian)
- 2 Convention on the Rights of the Child dated July 4, 2001 URL: <http://online.zakon.kz>. (revision date: 02.09.2020). (in Russian)
- 3 Chelysheva Yu.V. (2021) STEAMS- sreda i navyki budushhego [STEAMS- environment and future education]. Sbornik luchshih STEAMS praktik v obrazovanii Chast' 1. STEAMS praktiki v doshkol'nom obrazovanii. GAOU VO MGPU, - M: «Pero», 13-15. (in Russian)
- 4 Prokhorova, A. V. (2021) Vozmozhnosti dlya realizatsii STEAMS-proekta na temu "Derevyia" v starshem doshkol'nom vozraste. [Possibilities for implementing a STEAMS project on the topic "Trees" in older preschool age]Sbornik luchshih STEAMS praktik v obrazovanii Chast' 1. STEAMS praktiki v doshkol'nom obrazovanii. GAOU VO MGPU, - M: "Pero", 16-2. (in Russian)
- 5 Frolov A. V. (2010) Rol' STEM-obrazovanija v «novoj ekonomike» SShA [The role of STEM education in the "new economy" of the USA]. Voprosy novej ekonomiki. № 4 (16) (in Russian)
- 6 Zaharova O.G. (2017) Opredelenie ponjatija «kreativnost'» v nauchnoj literature. [Definition of the concept of "creativity" in scientific literature]. URL: <http://moluch.ru/conf/ped/archive/216/12734/>(data obrashhenija: 08.05.2020) (in Russian)
- 7 Shenfeld, A. H., Floden, R., El Chidiak, F., Gillingham, D., Fink, H., Hu, S., Sayavedra, A., Veltman, A., & Zarh, A. (2018). O nabljudenija v klasse [Observations in the classroom]. Zhurnal dlja STEM-obrazovanija, 1(1-2), 34–59 (in Russian)
- 8 Winning the Race to Educate Our Children. Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education in the 2012 Budget (White House Office of Science and Technology Policy). [Electronic resource]. URL: <https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/OSTP-fy12-STEM-fs.pdf> free (data obrashhenija: 25.08.2015). (in English)
- 9 Babansky Yu.K. (1996) Selection of teaching methods in the secondary school [Choosing teaching methods in secondary school]. M.: Pedagogika, 646 (in Russian)
- 10 Guryev A.I. (1997) Development of independence and creative activity [Development of independence and creative activity]. Chelyabinsk, 21 (in Russian)
- 11 Nogaibaeva G. (2016) Razvitie STEM obrazovanija v mire i Kazahstane [Development of STEM education in the world and Kazakhstan]. Bilimdi el - Obrazovannaja strana no. 20 (57). (in Russian)
- 12 Kuzekbay A. (2018) In Kazakhstan, it is necessary to actively implement STEAM education [It is necessary to actively implement STEAM education in Kazakhstan]. Baigenews no.1 (in Russian).
- 13 Bybee R. W. (2013) The case for STEM education: Challenges and opportunities. [Electronic resource]. Arlington, VA: National Science Teachers Association Press. URL: <http://static.nsta.org/files/PB337Xweb.pdf>, free (data obrashhenija: 18.09.2015). (in English)

МРНТИ 27.01.45  
УДК 372.851

10.51889/2959-5894.2023.82.2.014

Г.С. Дюсембаева<sup>1\*</sup>, Н.И. Нугуманов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Алматы Менеджмент Университет, г.Алматы, Қазақстан  
\*e-mail: gulgiyan\_dgs@mail.ru

## О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА ПРОЕКТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИН МАТЕМАТИЧЕСКОГО ЦИКЛА СТУДЕНТАМИ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

*Аннотация*

Статья посвящена актуальным вопросам качества подготовки специалистов. Авторами представлена попытка найти ответ на часто задаваемый вопрос со стороны студентов: нужно ли программисту, инженеру изучать фундаментальные науки, в частности основы математических знаний. Существует проблема содержания и методики преподавания математических дисциплин. Абстрактность математических понятий, отсутствие непосредственной связи понятий с профессиональной деятельностью ведет к снижению мотивации к их изучению. В статье представлен опыт применения метода проектов при изучении основ математических дисциплин студентами, обучающимися по техническим специальностям, в частности по информационно-коммуникационным технологиям. Для решения проблемы выдвинуты рабочие гипотезы о том, что выполнение проекта по практическим приложениям основ математики позволит будущим программистам понять значимость фундаментальных дисциплин для профессиональной деятельности, способствует повышению мотивации к изучению основ математики. Приводится пример проекта по темам «Применение элементов высшей математики в компьютерных играх», «О применении элементов прикладной линейной алгебры в программировании», результаты сравнительного анализа успеваемости, мотивированности обучающихся в экспериментальной и контрольной группах. В исследовании использованы сравнительный анализ, анкетирование.

**Ключевые слова:** метод проектов, математические дисциплины, вовлеченность в учебный процесс, мотивация.

*Аңдатпа*

Г.С. Дюсембаева<sup>1</sup>, Н.И. Нугуманов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Алматы Менеджмент Университет, Алматы қ., Қазақстан

## ТЕХНИКАЛЫҚ МАМАНДЫҚТАР СТУДЕНТТЕРІНІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ ЦИКЛІ ПӘНДЕРДІ ЗЕРДЕЛЕУ КЕЗІНДЕ ЖОБАЛАР ӘДІСІН ҚОЛДАНУ ТУРАЛЫ

Мақала мамандарды даярлау сапасының өзекті мәселелеріне арналған. Авторлар студенттер тарапынан жиі қойылатын: бағдарламашыға, инженерге іргелі ғылымдарды, атап айтқанда математикалық білім негіздерін оқып үйренудің қажеттілігі бар ма? – деген сұраққа жауап табуға тырысады. Математикалық пәндердің мазмұны мен оқыту әдістемесі бойынша да мәселе бар. Математикалық ұғымдардың абстрактылығы, математикалық түсініктердің кәсіби қызметпен тікелей байланысының болмауы олардың оқуға деген ынтасының төмендеуіне алып келеді. Мақалада техникалық мамандықтар бойынша, атап айтқанда ақпараттық-коммуникациялық технологиялар бойынша оқытын студенттердің математикалық пәндер негіздерін оқытуда жобалар әдісін қолдану тәжірибесі келтірілген. Мәселені шешуге математика негіздерін практикалық қолдану бойынша жоба орындау болашақ бағдарламашылардың кәсіби қызметіндегі іргелі пәндердің маңыздылығын түсінуіне ықпал етеді, математика негіздерін оқуға деген ынтасын арттырады деген жұмыс гипотезасы ұсынылды. "Компьютерлік ойындарда жоғары математика элементтерін қолдану", "Бағдарламалауда қолданбалы сызықтық алгебра элементтерін қолдану туралы" тақырыптары бойынша жоба мысалдары келтірілген, эксперименттік және бақылау топтарындағы білім алушылардың үлгеріміне, ынталылығына салыстырмалы талдау нәтижелері келтірілген. Зерттеуде салыстырмалы талдау, сауалнама қолданылды.

**Түйін сөздер:** жоба әдісі, математикалық пәндер, оқу процесіне қатысу, мотивация.

*Abstract*

## ON THE APPLICATION OF THE PROJECT METHOD TO THE STUDY OF MATHEMATICS BY STUDENTS OF TECHNICAL

Dyussebayeva G.<sup>1</sup>, Nugumanov N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Almaty Management University, Almaty, Kazakhstan

The article is devoted to current issues of the quality of training specialists. The authors present an attempt to find an answer to a frequently asked question from students: whether programmers, engineers need to learn the fundamental sciences, in particular the basics of mathematical knowledge. There is a problem with the content and methods of teaching

mathematical disciplines. The abstractness of mathematical concepts, the lack of direct connection of concepts with professional activities leads to a decrease in motivation for their study. The article presents the experience of the project method application in learning the basics of mathematical disciplines by students of technical specialties, in particular on information and communication technologies. To solve the problem practical hypotheses are put forward, stating that the project on practical applications of mathematics fundamentals will allow future programmers to understand the importance of fundamental disciplines for professional activities, helps to increase motivation for the study of mathematics fundamentals. The example of the project on the themes "Application of elements of higher mathematics in computer games", "About application of elements of applied linear algebra in programming", results of comparative analysis of progress, motivation of students in the experimental and control groups are given. The study included a comparative analysis and questionnaires.

**Keywords:** project method, mathematical disciplines, involvement in the learning process, motivation.

### **Введение**

Традиционная модель обучения математическим дисциплинам дает фундаментальные азы, направленные на изучение основных понятий, а не на их практическое применение в профессиональной деятельности, реальной ситуации. Согласно ГОСО высшего и послевузовского образования, утвержденные приказом Министра №604 от 31 октября 2018 года, Приказа Министра науки и высшего образования Республики Казахстан от 20 июля 2022 года №2 о внесении изменений требования к уровню подготовки студентов определены на основе Дублинских дескрипторов и отражают освоенные компетенции. В их числе уметь применять знания и понимания на профессиональном уровне, формулировать аргументы и решать проблемы изучаемой области; применять теоретические и практические знания для решения учебно-практических и профессиональных задач в изучаемой области. [1]

Для формирования этих компетенций необходимы методы обучения, позволяющие осваивать теоретические понятия через практику, выполнение определенных действий, исследование, самостоятельную работу, решение реальных задач. Все это позволяет сделать метод проектов, который является не только одним из инструментов ориентации образования на личностно-компетентный подход, но и методом взаимодействия образования, науки и практики в подготовке специалистов на качественно новом уровне.

Проектный метод применяется издревле и рассматривался еще в трудах Я.А.Коменского, в начале XX века С.Т. Шацкого. Американский философ-идеалист Джон Дьюи (1859-1952 гг) один из основателей метода проектов, считал, что обучение в школе основывается на идее о том, что знание является побочным продуктом деятельности [2]. В европейских университетах прикладных наук в основу обучения положен проектный метод, направленный на развитие творческого мышления, исследовательских навыков, подготовку инициативных специалистов. В своей статье "Теоретические аспекты проектно-ориентированного обучения в высшем образовании" А.Морган рассматривает метод проектов «как деятельность, в результате которой студенты обучаются путем вовлечения в решение реальных задач» [3].

Если обратиться к истории математического образования в Казахстане, то известно, что казахский просветитель, один из основателей казахской педагогики Ж.Аймаутов писал об идее связи обучения с жизнью, установлении межпредметных связей. В 20-е годы прошлого века трудовой принцип, положенный в основу первых программ, обусловил изучение учебных предметов (математики, физики и т.д.) лишь в связи с обучением труду. Однако это принцип был позже отменен, поскольку были допущены перегибы, вследствие которых математике, как и другим дисциплинам, была отведена служебная роль, изучение привязывалось к трудовому воспитанию [4].

Современные исследователи из ведущих западных вузов показали, что особенно продуктивным для изучения математики будет варьировать при обучении в малых группах не только задание, но и подход к его выполнению с последующим сравнительным анализом и групповым обсуждением [5].

Как разновидность проектного метода в мировой практике преподавания широко применяются методы совместного обучения, например, «Думайте-пара-делитесь», с доказуемой эффективностью [6]

Метод проектов при обучении математике рассмотрен как способ повышения мотивации к изучению непрофильных предметов у студентов вуза [7]. С целью повышения мотивации и успеваемости групповые методы обучения широко применяются во всем мире для подавляющего большинства учебных дисциплин на всех уровнях образования, в т.ч. математических. Например, в Индонезии [6], Малайзии [8].

Проектный метод всегда будет и остается актуальным при обучении по разным дисциплинам и направлениям профессиональной подготовки. Однако он не может заменить другие немаловажные методы обучения. Важно правильно и целесообразно применять его, с учетом последовательности изучения дисциплин, тем, выделяемого времени, профессиональных интересов обучающихся.

В частности, при изучении математики особенно сложно абстрактные формулы привязать к решению практических задач. Это требует особых усилий от преподавателя, знаний не только математических понятий, но и в различных областях деятельности. Часто проектный метод используется лишь при изучении тех или иных разделов, тем программы математической подготовки в школе или вузах. Приведем некоторые примеры. При изучении математического анализа студентами инженерных специальностей этот метод был применен по теме «Приближенные вычисления с помощью формулы Тейлора» [9]. В процессе изучения математики, в частности математического анализа, метод проекта был применен для формирования навыков научной деятельности, поисково-исследовательских навыков в процессе обучения математике [10,11].

Преподавателями Западного Лондонского Университета на примере подобного изучения темы интегрирования функций первокурсниками-строителями в сравнении с контрольной учебной группой математиков показано развитие критического мышления, аналитических, коммуникативных и других навыков, связанных с эффективной работой в команде, пониманием и уважением других взглядов, решением общих проблем, что способствует активному обучению и повышает успеваемость студентов [12].

В школьном курсе реализация проектного метода происходит в форме написания рефератов на такие темы как «В математике есть своя красота, как в живописи и поэзии», «Математика и искусство», «Предел в математике и идеал в литературе» и другие.

При изучении математических основ обучающимися технических специальностей и по бизнес-направлению понятия из изучаемого курса математики часто напрямую не связаны с профессиональными интересами. Поэтому важно помочь студентам увидеть значимость фундаментальных знаний в их профессиональной подготовке. Такую возможность дает проектный метод. Кроме того, мы предположили, что выполнение проекта позволит:

- обеспечить вовлеченность студентов и их мотивацию через взаимную ответственность;
- естественной кооперации привести к коллаборации и синергии;
- улучшить усвоение материала, общеучебные и исследовательские навыки;
- осуществить связь между изучаемыми дисциплинами математического цикла и будущей профессиональной деятельностью;
- увеличить ресурсы, уровень, производительность и возможности команды;
- провести эффективное взаимообучение студентов, саморазвитие, наработку soft skills.

В нашем исследовании, которое проводилось в рамках участия в конкурсе «Лучшая педагогическая инновация» в течение 2021- 2023 годов (Алматы Менеджмент Университет, далее AlmaU), при изучении дисциплин «Математика в экономике», «Прикладная линейная алгебра», «Математический анализ» мы ставили цель через применение проектного метода достичь понимания обучающимися значимости математических знаний в их профессиональной деятельности, повысить тем самым мотивацию к изучению предмета, способствовать формированию навыков применения теоретических знаний на практике.

Студентам было предложено выполнить проекты по применению математических знаний по направлению их будущей профессиональной деятельности, в частности в программировании.

### **Методология**

В Казахстане с переходом на более гибкие и автономные образовательные программы каждый вуз определяет перечень дисциплин и отводимый объем кредитов на их изучение. Анализ программ показывает тенденцию к снижению объема теоретических, фундаментальных дисциплин, в том числе математических. Однако выполнение дипломных работ требует составления математических моделей, применения основ математики.

Математические дисциплины изучаются на 1, 2 курсах программы бакалавриата. Для экономических специальностей на первом курсе «Математика в экономике» в объеме трех кредитов (30 аудиторных часов), для образовательной программы «Инженерия программного обеспечения» в профессионально-обязательном модуле первого курса «Прикладная линейная алгебра» в объеме трех кредитов, второго курса «Математический анализ», «Теория вероятностей и математическая



статистика». Из 135 часов 30 отводится на аудиторные занятия, остальные на СРОП (самостоятельная работа обучающегося под руководством преподавателя) и СРО (самостоятельная работа обучающегося).

На первый курс приходят с высоким уровнем математической подготовки в среднем 8-10% студентов, со средним уровнем 70-75%, низким 15-22%. Встал вопрос о мотивировании студентов к изучению математических дисциплин, повышению качества их подготовки. Проведен опрос среди студентов 1 курса и 4 курса с целью выявления понимания значимости изучения фундаментальных дисциплин, умения применять теоретические знания на практике. Разница в ответах подтвердила важность применения такой методики преподавания, когда студенты смогут самостоятельно проводить исследования, решать практические задачи, работать в команде. Так, 85% студентов 1 курса специальности «Инженерия программного обеспечения» (генеральная совокупность составила 74 человек) ответила, что математика не нужна для их профессии и не знают, как может быть применена в реалии. Основы программирования, профильные дисциплины студенты начинают изучать позже, что вызвало определенные трудности в вопросе понимания взаимосвязи с математикой. Студенты 4 курса отмечают, что выполнение заданий по программированию, созданию новых программ потребовало от них знаний основ прикладной линейной алгебры, математического анализа (генеральная совокупность составила 38 студентов, 75% ответили, что нужно знать математические основы).

Студенты 1 курса экономических специальностей («Финансы», «Бизнес аналитика и Экономика») думали, что это гуманитарная специальность и вовсе не будут изучать математические дисциплины (95% респондентов из 43 человек). При этом сложность мотивирования изучения основ математики была обусловлена отсутствием междисциплинарной связи с такими дисциплинами как микроэкономика, макроэкономика, основы экономической теории.

Таким образом, стартовой позицией нашего исследования (ST) стало: низкий уровень мотивации, недостаточный уровень навыков применения теоретических знаний для решения практических задач, вовлеченности, усвоения знаний.

Перед обучающимися была поставлена задача рассмотреть возможности применения математических знаний в их будущей профессии. Работа выполнялась в рамках СРО и СРОП. Студенты распределились по интересам на группы по 2-3 человека. Для выполнения проекта были определены этапы и сроки исполнения. Далее рассматривается пример внедрения метода проекта при изучении математических дисциплин студентами специальности «Инженерия программного обеспечения».

На первом этапе обучающиеся самостоятельно изучали литературу, имеющийся опыт применения математики на практике. По окончании первого этапа проектные группы представили материал о применении математических знаний в различных отраслях деятельности. При этом ими были охвачены разные понятия и темы, независимо от того изучали они или нет. Это был некий экскурс в область применения математики на практике.

На втором этапе нами был определен перечень тем, понятий в соответствии с программой обучения и учетом пререквезитов дисциплин. Группы сами выбирали ту или иную тему. Результаты первого этапа позволили дифференцировать группы по уровню знаний участников и способности их продолжить исследовательскую деятельность. Перераспределение в группах произошло в двух направлениях: группы, которые закончили проект отчетом реферативного характера, другие группы продолжили исследование и приступили к выполнению практической части.

Начиная с 2021-2022 учебного года обучающиеся по специальности «Инженерия программного обеспечения» разделились на две подгруппы по выполнению заданий СРОП и СРО. На аудиторных занятиях все группы изучали программный материал. Проектной работой продолжили 5 групп указанной специальности.

### **Результаты исследования**

В 2022-2023 учебном году к окончанию первого семестра результаты выполнения проектной работы были представлены в виде презентаций и защищены перед всей аудиторией обучающихся.

Одними из успешных проектов стали работы на тему «О применении элементов прикладной линейной алгебры в программировании» (студенты 1 курса Ихласова Ж, Величковский А.), «Применение элементов высшей математики в компьютерных играх» (Валиев Т. студент 4 курса, Капитанов Д. студент 2 курса). Данные работы были также представлены 28 февраля 2023 года на отчете по проектам «Лучшая педагогическая инновация» в AlmaU.

Студенты первого курса начали выполнять работу начиная с 6 недели первого семестра. На первом этапе изучили источники, в которых отражен опыт применения математики на практике.

Далее они изучили различные компьютерные программы и применение в них основ математики.

Студенты 1 курса Ихласова Ж, Величковский А. после изучения материалов в интернет-ресурсах, программ некоторых игр обнаружили, что при программировании направления движения тех или иных объектов в игре используются элементы векторной алгебры. Фрагмент из работы студентов на примере векторов показан на рисунке 1.

Тема: Трехмерная графика. Дано: вектор мачты  $M$ , направленной прямо вверх  $(0,1,0)$  и направление ветра: север-северо-восток  $W(1,0,2)$ . Вычислить: вектор направления паруса  $S$  так, чтобы «поймать ветер» наилучшим образом (рисунок 1).

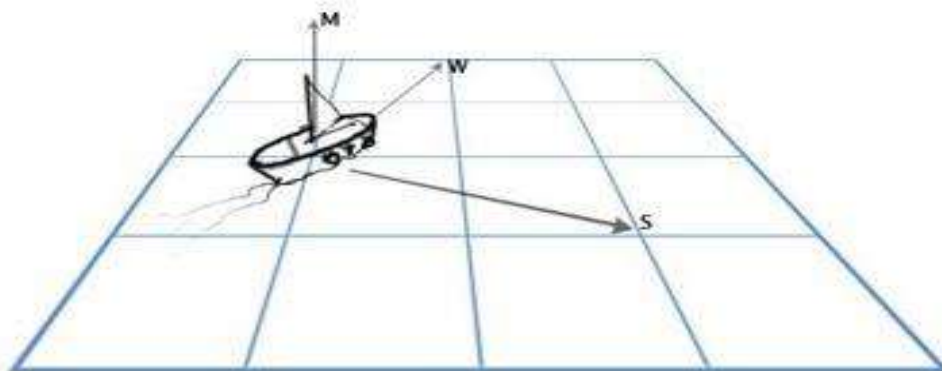


Рисунок 1. Пример применения вектора для вычисления направления паруса

Для решения этой задачи необходимо применить векторное произведение векторов, которое вычисляется через определитель. Данную тему студенты изучили в курсе «Прикладная линейная алгебра». Вычисление векторного произведения и его применение в рассматриваемой задаче показано ниже.

$$\vec{a} = (x_1, y_1, z_1), \quad \vec{b} = (x_2, y_2, z_2),$$

$$\vec{c} = \vec{a} \times \vec{b} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} y_1 & z_1 \\ y_2 & z_2 \end{vmatrix} \cdot \vec{i} - \begin{vmatrix} x_1 & z_1 \\ x_2 & z_2 \end{vmatrix} \cdot \vec{j} + \begin{vmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \end{vmatrix} \cdot \vec{k}$$

$$\vec{c} = (y_1 z_2 - y_2 z_1, z_1 x_2 - z_2 x_1, x_1 y_2 - y_1 x_2).$$

Для решения этой задачи мы используем векторное произведение

$$S = M \times W = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 2 \end{vmatrix} = (1 \cdot 2 - 0 \cdot 0, 0 \cdot 1 - 0 \cdot 2, 0 \cdot 0 - 1 \cdot 1) = (2, 0, 1).$$

Далее студенты показали, как рассмотренные формулы переводятся с языка математики на язык программирования, а также передвижение персонажей игры с применением вектора (рисунок 2).

Выступление студентов с результатами своих исследований вызвало большой интерес у группы и изменило отношение к изучению фундаментальных дисциплин.

Работа, выполненная студентами 2 и 4 курса, отличалась тем, что они уже прошли все математические и профильные дисциплины, владели навыками написания программ. Поэтому эти группы после изучения истории вопроса, приступили к разработке собственных программ с учетом необходимых математических знаний. Результаты проектной работы вошли частью дипломной работы Валиева Т.

В работе показано применение математических понятий в разработке компьютерной игры.

Приведем фрагменты из отчета студентов.

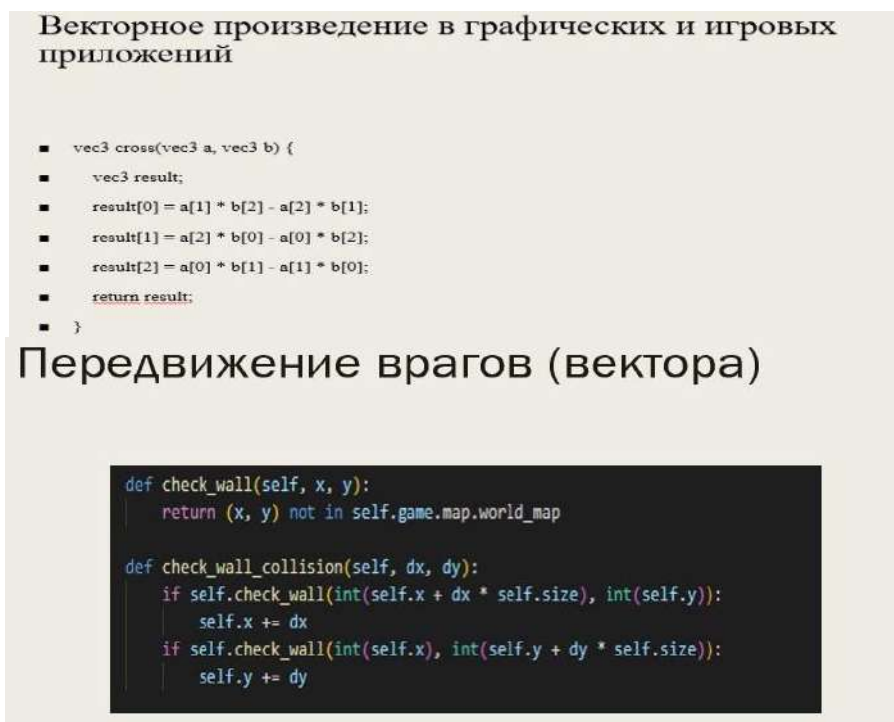


Рисунок 2. Действия над векторами на языке программирования

Тема: Применение элементов высшей математики в компьютерных играх.

Исполнители: Валиев Тимур, Капитанов Демид

Цель исследования: показать использование элементов высшей математики в компьютерных играх.

Объект исследования: «Blender», «Unreal Engine 4».

Задачи:

1. Изучить перспективность использования элементов высшей математики в сфере компьютерных игр.
2. Изучить развитие методов использования элементов высшей математики в компьютерных играх.
3. Рассмотреть использование элементов высшей математики в 3D программе «Blender» и игровых механик в «Unreal Engine 4», компьютерной игры.

Причина, по которой выбрали эту тему заключается в том, что на нашем проекте мы часто сталкиваемся с проблемами оптимизации и необходимостью применения основ математики в игровых механиках для достижения лучшей оптимизации проекта и корректности работы игровых механик. Компьютерные игры можно разделить на 2 основные сферы «игровая графика» и «игровые механики». Для проекта мы выбрали программу «Blender» для игровой графики и игровой движок «Unreal Engine 4». С помощью кода Python и применения элементов высшей математики для проекта создали 3D модели и материалы, используя Множество Мандельброта, Интерполяцию ломаной трехмерной спирали, Ленту Мебиуса.

Множество Мандельброта – это множество таких точек  $c$  на комплексной плоскости, для которых итеративная последовательность  $z_0 = 0, z_n = z_{(n-1)}^2 + c$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ) не уходит на бесконечность.

На первом шаге итерации:  $z_0=0$ .

На втором шаге итерации:  $z_1 = z_0^2 + c = c$ .

На третьем шаге итерации:  $z_2 = z_1^2 + c = c^2 + c$ .

На четвертом шаге итерации:  $z_3 = z_2^2 + c = (c^2 + c)^2 + c$ .

На пятом шаге итерации:  $z_4 = z_3^2 + c = ((c^2 + c)^2 + c)^2 + c$ .

Здесь  $c = x + iy$ , где  $i = \sqrt{-1}$  – мнимая единица.

Изучать множество Мандельброта можно бесконечно, обнаруживая всё более удивительные узоры. Пример реализации множества Мандельброта в Blender показано на рисунке 3.

```

1  shader pickoverMandel(
2
3  vector Center = P,
4  vector Exponent = vector(2.0, 0.0, 0.0),
5  int Iterations = 32,
6
7  float TrapDist = 10000.0,
8  vector Axis = vector(1.0, 1.0, 0.0),
9  float Thickness = 0.075,
10
11  output vector Z = P,
12  output float Fac = 0.0,
13  output float Abs = 0.0) {
14
15  int i = 0;
16  int k = max(2, Iterations);
17
18  vector c = Center;
19  c[2] = 0.0;
20  Z = c;
21  Abs = length(Z);
22
23  float trap = TrapDist;
24  float ax = Axis[0];
25  float ay = Axis[1];
26
27  for(i = 0; i < k && Abs <= 2.0; i++) {
28      Z = cPow(Z, Exponent) * c;
29
30      float xDist = abs(Z[0] - ax);
31      float yDist = abs(Z[1] - ay);
32
33      trap = min(trap, min(xDist, yDist));
34
35      Abs = length(Z);
36  }
37
38  Fac = 1.0 - clamp(trap / Thickness, 0.0, 1.0);
39
40
41 }
    
```



Рисунок 3. Пример реализации множества Мандельброта в Blender

Студенты представили авторскую версию Ленты Мебиуса, Формулы Жулия. Формула итераций для фрактала Жулия такая:  $Z_{k+1} = Z_k^2 + c$ , где  $c$  - комплексная константа. Условием завершения итераций является  $|Z_k| > 2$  - в классическом варианте (рисунок 4).



Рисунок 4. Авторская версия ленты Ленты Мебиуса, Формулы Жулия

В своем проекте ребята рассмотрели применение элементов математики в игровом движке «Unreal Engine 4». В частности, показали применение матрицы, векторов, функций, уравнения сферы, луча, тригонометрических функций, понятия угол и другие.

Использование сферической трассировки.

Комментарии авторов: мы установили на событие нажатия на клавишу клавиатуры «z» создания сферической трассировки, вытащили капсулу игрока и получили вектор локации для старта и конца сферической трассировки (рисунок 5).

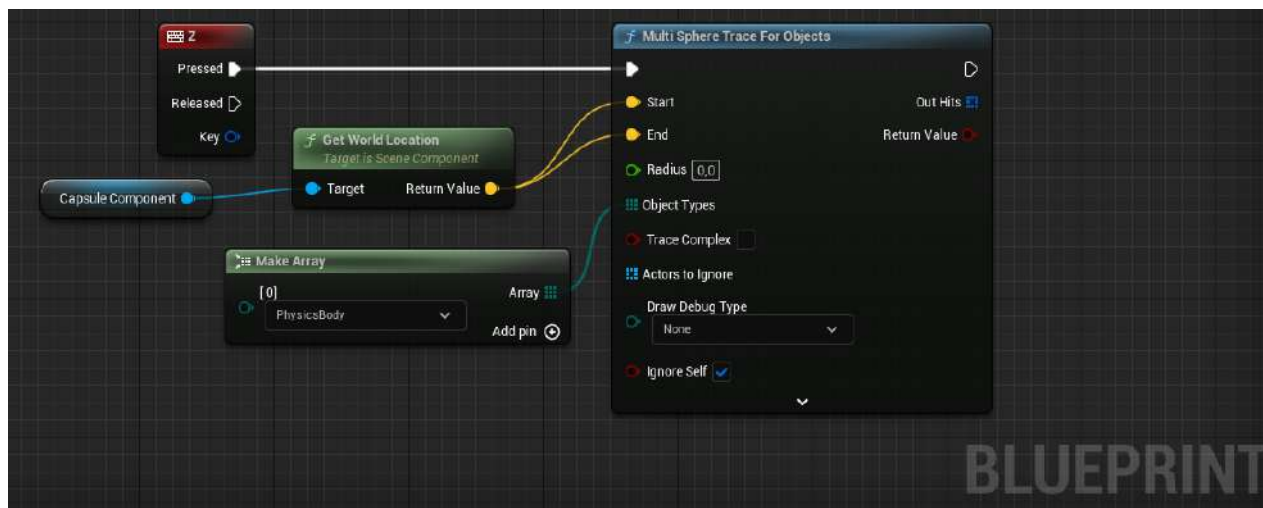


Рисунок 5. Демонстрация использования сферической трассировки

Для готовой функции сферической трассировки столкновения используется уравнение сферы

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 + (z - c)^2 = r^2,$$

а также параметрические уравнения для луча:

$$\begin{cases} X = x_0 + x_d \cdot t \\ Y = y_0 + y_d \cdot t \\ Z = z_0 + z_d \cdot t, \end{cases}$$

где  $(x_0, y_0, z_0)$  является началом луча, и  $(x_d, y_d, z_d)$  - направление луча.

Далее, уравнения для луча записываются в формулу сферы

$$(x_0 + x_d \cdot t - a)^2 + (y_0 + y_d \cdot t - b)^2 + (z_0 + z_d \cdot t - c)^2 = r^2$$

Результат создания сферической сферы столкновения показан на рисунке 6.



Рисунок 6. Результат создания сферической сферы столкновения

Комментарии авторов: трассировка может быть использована как основа в механике стрельбы, боя, взрывов, поиска, магии и т.д.

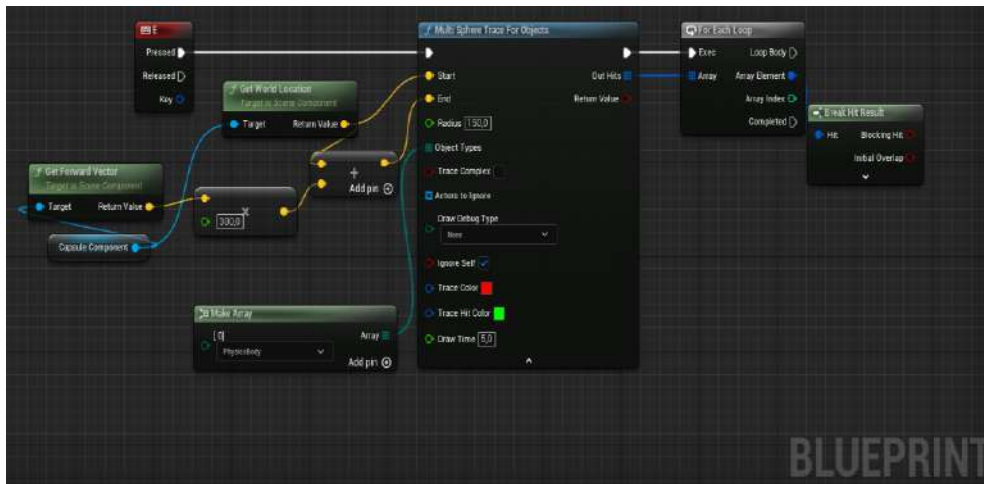


Рисунок 7. Демонстрация создания сферической сферы столкновения для механики телекинетического отбрасывания

Комментарии авторов: для события нажатия на клавишу «z», получаем вектор локации игрока и получаем вектор вперед умножаем вектор на 300 формула умножения вектора на число ( $k \cdot a = \{k \cdot a_x ; k \cdot a_y ; k \cdot a_z\}$ ) для дальности вектора и указываем начало и конец вектора, создается сферическая трассировка, которая проверяет массив столкновения физических тел и если это правда, то враг получает урон и анимацию отбрасывания. Механика отбрасывания врагов показана на рисунке 8. Механика получения урона в зависимости от высоты показана на рисунке 9.

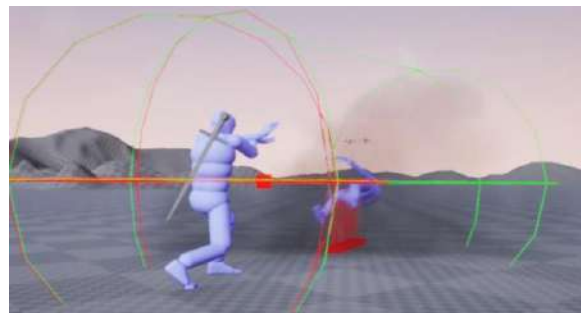
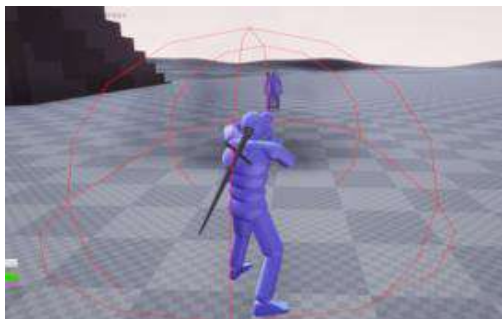


Рисунок 8. Демонстрация механики отбрасывания врагов

Комментарии: выводим значения слева в верхнем углу нормализации по диапазону минимум максимум на экран и скорости вектора по z. Помимо готовой функции можно создать собственную функцию «math expression» и ввести нужную вам формулу. Например, заменим готовую функцию «Normalize to range» на свою и запишем в поле формулу:  $(x - \min) / (\max - \min)$ . Игровой движок сам допишет логику собственной функции по веденной формуле.

Нами представлены некоторые результаты проектной работы Валиева Т., Капитанова Д.. Кроме того, ими рассмотрены применение углов вращения, функции find look at rotation для нахождения поворота объекта с применением свойств матрицы поворота, скалярного произведения векторов и другие. В своих выводах студенты пишут: объекты в разработке компьютерной игры, которые требуют применение элементов высшей математики: симуляция жидкостей, анимация, алгоритмы, архитектура игровых движков, написание игровой логики, аналитика и сбор данных, расчёт кадров в секунду, игровая физика, графика/шейдеры, искусственный интеллект, процедурная генерация, рендеринг полигонов и много другого. Знание основ математики не просто поможет разработать логику игры, но и качественно оптимизировать саму игру, находя альтернативные пути, которые помогают избежать лишних вычислений.

Механика получения урона в зависимости от высоты

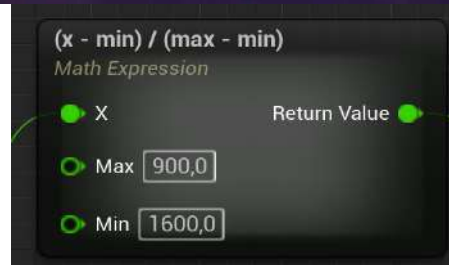
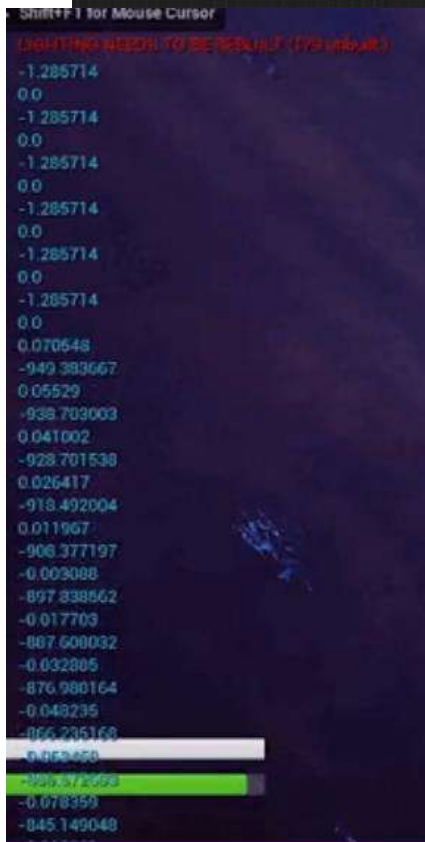
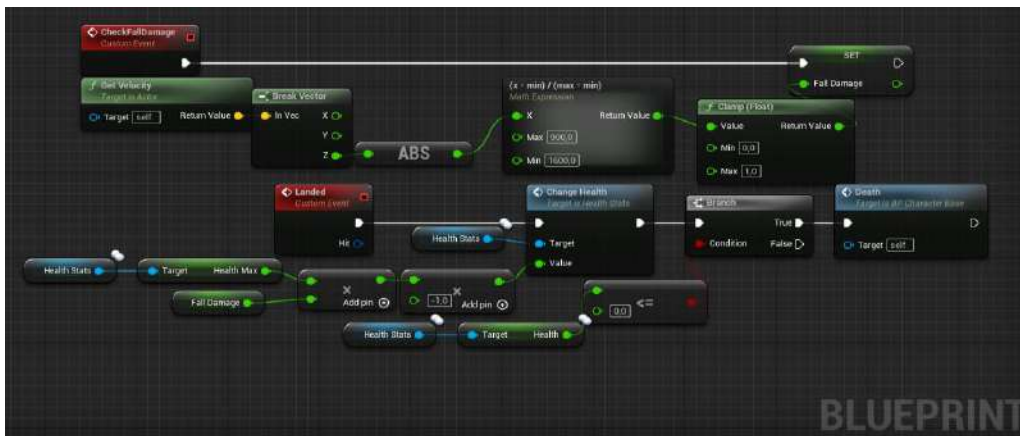


Рисунок 9. Демонстрация получения урона от падения с высоты

**Обсуждение**

Выполнение проектной работы вызвало интерес у обучающихся. Для многих стало новшеством то, что для программирования компьютерных игр нужно знать не только языки программирования, но и понимать и применять отдельные разделы математики. Например, векторы и действия над ними, матрицы, функции, тригонометрические формулы и другие. В конце семестра был проведен опрос среди студентов по вопросам, коррелирующим вопросам анкеты до выполнения проекта. Картина кардинально изменилась. Студенты первого курса специальности «Инженерия программного обеспечения» 79% ответили, что видят значимость математических знаний в их будущей профессии. Сравнительные ответы показаны на рисунке 10.

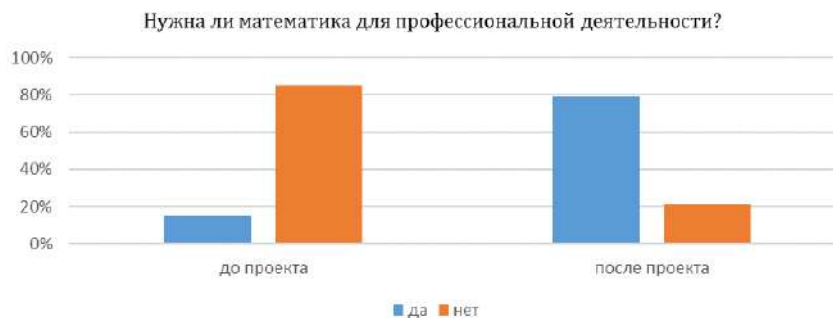


Рисунок 10. Результаты ответов на вопрос о необходимости математических знаний в профессиональной деятельности

В своих комментариях студенты написали, что в результате выполнения проекта научились анализировать литературу, узнали о многих приложениях основ математики в жизни. На вопрос: «Что их удивило?» ответили, что не ожидали увидеть математику в музыке, лингвистике и конечно в программировании. На вопрос: «Что хотели бы узнать и чему научиться?» ответы распределились следующим образом: хотели бы больше узнать о приложении математических знаний – 65% респондентов, хорошо усвоить математические основы – 70%, научиться в дальнейшем использовать теоретические знания при программировании и использовании различных программ- 80%.

Успешное выполнение проектных работ, ответы на вопросы анкеты подтверждают наше предположение, что применение такой методики способствует повышению мотивации у студентов к изучению математических дисциплин, проявлению интереса не только к дисциплине, но и к программированию с применением теоретических знаний. Результаты контрольной работы и сдача рубежного контроля показывают, что в группе, где выполнялась проектная работа уровень знаний выше, чем в группе, которая ее не выполняла. Результаты показаны на рисунке 11.



Рисунок 11. Результаты проведения контрольных работ с включением практических задач

В группе, где ребята не выполняли проектную работу, были решены в основном теоретические задачи, с практическими задачами справились 10%.

В последние десятилетия педагоги чаще стали обращаться к методу проекта, как к инструменту формирования логического мышления, исследовательских навыков, прикладных умений, профессиональных компетенций. Вместе с тем, при изучении основ математических дисциплин применение данного метода не имеет границ. Каждая тема, понятие требует отдельного рассмотрения с точки зрения его приложений. Это непростая задача как для обучающихся, так и для педагогов. Высокий уровень абстрактности математических понятий одновременно с их широким прикладным значением, недостаточный уровень подготовленности студентов по математике и по профильным дисциплинам также осложняет выполнение таких работ.

В нашем исследовании мы пытались выстроить проектную работу студентов в следующем порядке.

1 этап. С начала учебного года в течение 6-7 недель изучение теоретического материала в соответствии с программой.



2 этап. На 7 неделе выдача проектного задания. Неделя отводится на изучение литературы, исторический обзор источников о приложениях математических знаний в жизни. Отчет по итогам второй недели и определение групп, студентов, способных продолжить исследовательскую работу.

3 этап. Составление перечня тем, направлений для выполнения проекта в зависимости от уровня математической подготовки и интересов участников, с учетом содержания курса математики и профильных дисциплин. Далее дается неделя для проведения дополнительных исследований по выбранной теме и ее приложений, осуществления связи с профильными дисциплинами.

4 этап. Разработка программы с применением элементов математики. Запуск программы. Составление отчета и презентации новой программы (игры).

Представление полученных результатов перед студентами и преподавателями позволило проиллюстрировать приложение математических понятий и важность их для будущей профессиональной деятельности.

Анализ результатов внедрения метода проекта позволил выявить не только положительные моменты, но и проблемы, которые необходимо будет решать для продолжения работы в этом направлении. Выделим основные мероприятия, необходимые для успешного применения проектного метода:

1. Пересмотреть программу по дисциплинам математического цикла в интеграции с экономическими дисциплинами, профильными по техническим специальностям.

2. Выстроить логику и последовательность изучения математических и профильных дисциплин.

3. Пересмотреть количество часов, выделяемых для изучения дисциплин математического цикла.

### Заключение

Таким образом, внедрение проектного метода при изучении основ математики обучающимися по экономическим, техническим специальностям позволяет повысить уровень мотивации к изучению дисциплин математического цикла, формировать понимание роли и места фундаментальных знаний в будущей профессиональной деятельности. Для достижения этих целей и эффективного применения проектного метода важно создать условия, обеспечивающие связь между общеобразовательными и профильными дисциплинами, выстроенную логику изучения предметов, правильную организацию учебного процесса. Решение практических задач, создание программ с применением математических знаний способствует формированию практических навыков решения прикладных задач, развитию навыков исследовательской и аналитической работы. В соответствии с образовательной программой по дисциплинам математического цикла преподаватели и студенты могут неограниченно выполнять проектные работы.

### Список использованной литературы:

1 НПА Приказ Министра науки и высшего образования Республики Казахстан от 20 июля 2022 года №2, Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 27 июля 2022 года № 28916

ГОСО приказ Министра образования и науки Республики Казахстан от 31 октября 2018 года № 604 "Об утверждении государственных общеобязательных стандартов образования всех уровней образования" (зарегистрирован в Реестре государственной регистрации нормативных правовых актов Республики Казахстан под № 17669)

2 Рогачева Е. Ю. Педагогическое творчество Дж. Дьюи в чикагский период // Педагогика, 2004.- № 5. С.90-97

3 Павловская С.В., Сироткина Н.Г. Анализ опыта проектной деятельности при преподавании управленческих дисциплин в вузах // Современные проблемы науки и образования, 2014. – № 4. С.86-94 URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=13864>

4 Дюсембаева Г.С. Развитие школьного математического образования в Казахстане//диссертация на соискание ученой степени кан дед наук,1994. С.56

5 K. Durkina, B. Rittle-Johnson, J.R. Starb, A. Loehrc. Comparing and Discussing Multiple Strategies: An Approach to Improving Algebra Instruction.//The Journal of experimental education, 2023. vol. 91, no. 1, pp.1–19

6 S.Srinarwati. Influence of the think-pair-share (TPS) model and motivation on the math learning achievement of class v students. Widyagogik: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Sekolah Dasar, 2022, vol. 9, no 2, 160-170

7 Бирюкова Н.В. Метод проектов как способ повышения мотивации к изучению непрофильных предметов у студентов вуза// Мир науки, культуры, образования, 2020.- № 6(85), С.140-143 DOI: 10.24412/1991-5500-2020-685-140-143

8 Zakaria E., L.Ch. Chin, Md.Y.Daud. The Effects of Cooperative Learning on Students' Mathematics Achievement and Attitude towards Mathematics// Journal of Social Sciences, 2010, vol. 6, no. 2, pp. 272-275

9 Кузенков О.А. Проектный подход при изучении математического анализа студентами инженерных специальностей//Нижегородский государственный университет им.Н.И.Лобачевского. Образовательные технологии и общество, 2019. -Т.22 - №4. С.225-232 URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41233717>

10 Исаева М.А. Метод проектов как средство формирования поисково-исследовательских навыков студентов в процессе обучения математике// Мир науки, культуры, образования, 2020. -№1(80), С.167-169

11 Задорожная А.В. Роль учебных проектов в формировании навыков научной деятельности//Образование и наук., 2016. -№9(138). С.109-118 <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2016-9-109-120>

12 Sofroniou A., Poutos K.. Investigating the Effectiveness of Group Work in Mathematics// Education Sciences, 2016.- 6. 30. P.1-15 doi:10.3390/educsci6030030, pp.1-15

#### References:

1 NPA Prikaz Ministra nauki i vysshego obrazovaniya Respubliki Kazahstan ot 20 ijulja 2022 goda №2, zaregistririvan v Ministerstve justicii Respubliki Kazahstan 27 ijulja 2022 goda № 28916, GOSO prikaz Ministra obrazovaniya i nauki Respubliki Kazahstan ot 31 oktjabrja 2018 goda № 604: Ob utverzhdenii gosudarstvennyh obshheobjazatel'nyh standartov obrazovaniya vseh urovnej obrazovaniya, Zaregistririvan v Reestre gosudarstvennoj registracii normativnyh pravovyh aktov Respubliki Kazahstan pod № 17669 [NLA Order of the Minister of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan dated July 20, 2022 № 2, registered in the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan on July 27, 2022, № 28916, State Compulsory Standard of Education Order of the Minister of Education and Science of the Republic of Kazakhstan of October 31, 2018, No. 604; On Approval of State Compulsory Standards of Education at all levels of education, registered in the Register of state registration of normative legal acts of the Republic of Kazakhstan under No. 17669.]. (In Russian)

2 Rogacheva E. Ju. (2004) Pedagogicheskoe tvorchestvo Dzh. D'jui v chikagskij period [The Pedagogical Work of J. Dewey in the Chicago Period.]. Pedagogika. No 5, 90-97. (In Russian)

3 Pavlovskaja S.V., Sirotkina N.G. (2014) Analiz opyta proektnoj dejatel'nosti pri prepodavanii upravlencheskih disciplin v vuzah [Analysis of the experience of project activities in the teaching of management disciplines in universities.]. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. No 4, 86-94. (In Russian) <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=13864>

4 Djusembaeva G.S. (1994) Razvitie shkol'nogo matematicheskogo obrazovaniya v Kazahstane. Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata pedagogicheskikh nauk [Development of school mathematics education in Kazakhstan. Dissertation for the degree of Candidate of Pedagogical Sciences.]. 1-56 (In Russian)

5 K. Durkina, B. Rittle-Johnsona, J.R. Starb, A. Loehrc. (2023) Comparing and Discussing Multiple Strategies: An Approach to Improving Algebra Instruction. //The Journal of experimental education., vol. 91, No 1, 1–19. (In English)

6 S.Srinarwati. (2022) Influence of the think-pair-share (TPS) model and motivation on the math learning achievement of class v students. //Widyagogik, Vol. 9, No 2, 160-170. (In English)

7 Birjukova N.V. (2020) Metod proektov kak sposob povysheniya motivacii k izucheniju neprofil'nyh predmetov u studentov vuza [Project method as a way to increase motivation to study non-core subjects of university students.]. Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya. No 6 (85), 140-143. (In Russian) DOI: 10.24412/1991-5500-2020-685-140-143

8 E. Zakaria, L.Ch. Chin, Md.Y.Daud. The Effects of Cooperative Learning on Students' Mathematics Achievement and Attitude towards Mathematics// Journal of Social Sciences, 2010, vol. 6, no. 2, pp. 272-275(In English)

9 Kuzenkov O.A. (2019) Proektnyj podhod pri izuchenii matematicheskogo analiza studentami inzhenernyh special'nostej [The project approach in the study of mathematical analysis by engineering students specialties.]. Nizhegorodskij gosudarstvennyj universitet im.N.I.Lobachevskogo. Obrazovatel'nye tehnologii i obshhestvo. Vol 22, No 4, 225-232. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41233717>

10 Isaeva M.A. (2020) Metod proektov kak sredstvo formirovaniya poiskovo-issledovatel'skih navykov studentov v processe obucheniya matematike [The project method as a means of developing search and research skills students in the process of teaching mathematics.]. Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya. No 1(80), 167-169. (In Russian)

11 Zadorozhnaja A.V. (2016) Rol' uchebnyh proektov v formirovanii navykov nauchnoj dejatel'nosti [The role of educational projects in the formation of scientific skills.]. Obrazovanie i nauki. No 9 (138), 109-118. (In Russian) <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2016-9-109-120>

12 A. Sofroniou, K. Poutos. Investigating the Effectiveness of Group Work in Mathematics// Education Sciences, 2016.- 6. 30. P.1-15 doi:10.3390/educsci6030030, pp.1-15 (In English)

## THE EFFECT OF ACTIVE LEARNING ON STUDENTS' SUCCESS AND INFORMATION RETENTION IN ADVANCED MATHEMATICS

*Nurbavliyev O.K.<sup>1\*</sup>, Gur T.<sup>1</sup>, Almas A.<sup>1</sup>, Abdulkaki M.<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> Suleyman Demirel University, Almaty, Kazakhstan  
\*e-mail: omarbek.nurbavliyev@sdu.edu.kz*

### *Abstract*

Mathematical analysis subjects are complicated and intricately related to each other. Hence, the retention skills of math topics and contents play a considerable role in the learning process. This study aims to examine the effectiveness of active learning (AL) on student academic achievement and information retention skills in the learning process of mathematical analysis course. The related hypothesis is that AL is more effective than regular conventional learning in success and keeping students' retention skills. AL implementation was conducted among first-year students (200) and lasted for 14 weeks during the spring semester of the academic year. We used an academic expert of the education faculty at a Kazakhstani University to instruct the lectures, and we used a pre-test and post-test design, and scores were interpreted statistically. Results indicated a significant effect of AL students' achievement and retention skills in mathematical analysis course.

**Keywords:** mathematical education, active learning, success in mathematics, information retention, knowledge.

### *Аңдатпа*

*О.К. Нурбавлиев<sup>1</sup>, Т. Гюр<sup>1</sup>, А. Алмас<sup>1</sup>, М. Абдулкаки<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> Сулейман Демирел университеті, Алматы қ., Қазақстан*

## БЕЛСЕНДІ ОҚЫТУДЫҢ СТУДЕНТТЕРДІҢ МАТЕМАТИКА ПӘНІНДЕГІ ЖЕТІСТІГІНЕ ЖӘНЕ АҚПАРАТТЫ САҚТАУҒА ӘСЕРІ

Математикалық талдау пәндері күрделі және бір-бірімен тығыз байланысты. Демек, математика тақырыптары мен мазмұнын сақтау дағдылары оқу процесінде маңызды рөл атқарады. Бұл зерттеу математикалық талдау курсына оқу процесінде студенттердің оқу жетістіктері мен ақпаратты сақтау дағдылары бойынша белсенді оқытудың тиімділігін зерттеуге бағытталған. Тиісті гипотеза: белсенді оқыту жетістікке жетуде және оқушылардың есте сақтау дағдыларын сақтауда әдеттегі дәстүрлі оқытуға қарағанда тиімдірек. Белсенді оқытуды енгізу бірінші курс студенттері (200) арасында жүргізілді және оқу жылының көктемгі семестрінде 14 аптаға созылды. Тестілеуге дейінгі және кейінгі тестілеу схемалары қолданылды және ұпайлар статистикалық түрде түсіндірілді. Нәтижелер студенттердің математикалық талдау курсына жетістіктері мен есте сақтау дағдыларына белсенді оқытудың айтарлықтай әсері бар екенін көрсетті.

**Түйін сөздер:** математикалық білім, белсенді оқыту, математикадағы жетістік, ақпаратты сақтау, білім.

### *Аннотация*

*О.К. Нурбавлиев<sup>1</sup>, Т. Гюр<sup>1</sup>, А. Алмас<sup>1</sup>, М. Абдулкаки<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> Университет им. Сулеймана Демиреля, г. Алматы, Казахстан*

## ВЛИЯНИЕ АКТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ НА АКАДЕМИЧЕСКИЕ ДОСТИЖЕНИЯ СТУДЕНТОВ И ИХ СПОСОБНОСТЬ ЗАПОМИНАНИЯ ИНФОРМАЦИИ ПО ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКЕ

Предметы математического анализа сложны и взаимосвязаны. Следовательно, навыки запоминания математических тем и содержания играют значительную роль в процессе обучения. Это исследование направлено на изучение влияния активного обучения на академическую успеваемость студентов и их способность запоминания информации в процессе обучения курсу математического анализа. Связанная с этим гипотеза состоит в том, что активное обучение более эффективно, чем традиционное обучение, в отношении успеха и сохранения навыков запоминания учащихся. Внедрение активного обучения проводилось среди первокурсников (200 человек) и длилось 14 недель в течение весеннего семестра учебного года. Были использованы схемы дотестового и послетестового тестирования, а результаты интерпретировались статистически. Результаты показали значительное влияние активного обучения на достижения студентов и навыки запоминания в курсе математического анализа.

**Ключевые слова:** математическое образование, активное обучение, успехи в математике, запоминание информации, знания.

## **Introduction**

The high percentage of student failure in advanced mathematics has increased persistence among mathematicians for many years. Efforts to reduce failure have focused on successive mathematical analysis courses, mainly due to the prerequisites of which the courses' topics relate to each other. Most students who fail at advanced mathematics probably do so due to their experience in introductory mathematical analysis when they become first-year students because they have been unable to retain the knowledge of previous topics.

Many techniques are used in mathematical analysis courses to improve teaching and make mathematical analysis courses more informative and memorable than traditional ones.

AL could be one of the uses of learning methods to address performance and retention of the knowledge. Most of the learning effects can be increased in academic achievement if learning methods are used effectively in the classroom during the education process. AL is an approach to learning that makes students actively engaged in learning and has distinct grades of learning techniques, relying on student engagement. AL strategies help to engage learners in activities based on ideas about how the learning process can be operated [1]. AL may provide various techniques compared to traditional teaching (e.g., writing, reading), which have a difference, such as doing something rather than writing or regular learning. In this regard, students may actively participate in classroom activities and have an opportunity to establish new information and build new technical abilities. Sahin [2] categorized AL strategies in the framework of group discussions, whiteboard, one-minute paper, categorizing grids, concept maps, memory matrix, role-playing, think-pair-share, case study, panel, turn-and-talk, application cards, brainstorming, peer review, learning games, problem-solving and doing project. One of AL's tools is a class project that leads the students to participate in the form of activity through hands-on experiments or workshops in shape consisting of illustration, regression analysis, empirical style, and the settlement of change for the students.

AL plays a massive role in students' engagement in learning during class activities against passive listening to an expert. It underlines critical thinking and often consists of a group task [3]. Additionally, Prince [4] emphasized that AL helps students have meaningful activities for the learning process and be aware of what they are performing in a learning activity.

The Active Learners Institute [5] found that AL increases the education process's influence and performance. According to this research, the percentage of remaining knowledge in students' brains after months is as follows: "Lecture 5%, Reading 10%, Audiovisual 20%, Demonstration 30%, Discussion Group 50%, Practice by doing 75% and Teaching others 90%." Based on the result, it could be said that AL has a strong impact on lessons to support learners' academic achievement and retention.

Many experimental studies have authenticated humans' brains during learning. In addition, Ronaldo, T.; Lazaro P.T. [6] elucidated the influence over motor control memory and learning with respect to emotional social, and cognitive parameters. Researchers have studied the effect of retention that is dependent on AL which indicates evident events which are often better remembered because these events stand out from standard materials and consist of rich context hints. AL methods could support extraordinary materials to retain students' knowledge if the instructors persist in using unique activities in the education process.

Similarly, Riga et al. [7] found that AL raises students' learning desire and self-determination, giving them greater interest and control over their learning and giving them skills to increase life-long learning in the future. Lifelong learning examines situations where a student encounters several different works and develops methods of keeping and using task information to increase effectiveness. Thus, students start to improve their retention skills. Particularly, Tinto (1998) states that "Students who are actively involved in learning activities and spend more time on task, especially with others, are more likely to learn and, in turn, more likely to stay." By actively participating in the learning process – on the contrary, take passive – students view the material as pertinent, engaging, and absorbent. They improve and expand a sense of competence in using retention skills, construct, and connect to their comprehension through application, conversation, and consideration. Moreover, continuously improving retention knowledge requires instructors to center on different techniques to engage students in the education process actively. AL methods help to initiate learners and the entire faculty into practical ways to help learners engage in activities based on ideas about how people learn [1].

Hovelynck [8] and stated that AL promotes retention concepts, especially when the students instruct each other in the learning process. The barrier of feedback, students' passive listening, and improper situation for critical thinking education may create barriers to the impact of learning techniques. The interaction of the members of a group can decrease the limitation of the factors mentioned above. Light (1990) claimed that students' retention skills substantially impact the learning process concepts when they have engaged actively

and can learn from training each other. Students can master each other; students can practice studying and collaborate with others; and students feel a warmer, more hospitable, and more exciting atmosphere. This last benefit can mainly play a vital role in the retention skills and achievement of the students.

Whittington [9] researched a massive measurement tool for students who were having difficulty getting through computer programming. He used a new curriculum to apply AL techniques, mainly designed for elementary computer programming courses in the classroom. The result showed that AL increased student retention skills, scores, and overall satisfaction. Furthermore, Kvam (2000) concluded that using AL methods on students' retention skills in an introductory engineering statistics class had significant benefits. It was scaled by re-testing immediately after the retention period and eight months later. The findings show that AL can help increase the retention rate for students with average or below average.

By the types of the literature analyzed, many factors affect AL on retention skills about mathematics topics sufficiently. One of the main factors is to use available measurement tools to reveal the significant impact of teaching mathematics methods.

Cherney et al. [10] have searched the effectiveness of AL by experimenting with open responses and without taking the same sizes and grades from several courses. Smith et al. [11] have also examined large lecture-based classes having 1091 students and found the effect of AL on student retention and engagement in Introductory Psychology by using a survey with three questions to find out the retention of content knowledge. Bullard et al. [12] investigated AL's effectiveness by experimenting with an engineering chemistry course every year from 2002 to 2006, instructing two groups (high-grade average and low-grade average) of students. They taught both groups actively and traditionally. The difference between achievement and retention among students was tiny, but students actively taught at the low GPA stage were much more likely to be successful and retain the traditional group. Mayer [13] revealed that pupils' assimilation of empirical knowledge through more accurate data about the distribution of practical information and testing results makes student retention stronger. Although there were many types of research about AL on achievement and retention skills, to our knowledge, no analysis has been carried out or focused on creating a specific measurement tool designed with the Bloom Taxonomy. The lack of relevant research makes it necessary to do more profound research about AL on achievement and retention skills using a measurement tool designed with the Bloom Taxonomy. Furthermore, Jonkovic, J. [14] elaborated on implicit or non-declarative memory in contrast to explicit declarative memory of episodic events. The article states that implicit memories have common storage and retrieval mechanisms that do not involve the hippocampal system; perhaps for this reason, the subject has no conscious knowledge of them. In the same line of arguments, Fillt, H. M. [15] discusses normal cognitive aging with regard to the dichotomy of declarative/ procedural memories stating that Implicit memory, often referred to as non-declarative memory, does not require the conscious or explicit recollection of past events or information, and the individual is unaware that remembering has occurred. Implicit memory is usually thought of in terms of procedural memory but also involves the process of priming. Procedural memory relates to skill learning and includes motor and cognitive skill learning, as well as perceptual or "how to" learning. Riding a bicycle, driving a car, and playing tennis are examples of procedural memory. Bouyeure, A.; Noulhiane, M. [16] in 'factors affecting development in normal and adverse environments', elucidated episodic memory as a particularly intricate phenomenon extending through long periods. They discussed the consequences of one's cognitive and psychological development. They described normal episodic memory development during the infantile and childhood amnesia periods, with a focus on the relation between memory development and hippocampal maturation. They also explained how the concept of critical periods could explain pivotal aspects of infantile and childhood amnesia and how it could bring new insights to the study of disorders caused by adverse experiences during infancy and childhood. Similarly, Fereyduni, J, Baniadam, I, Rahimi, A. [17] in their article titled 'The Effect of Turkish Lyrical Music on Foreign Language Vocabulary Acquisition and Long-Term Retention in a Turkish Language Course (TOMER)' delineated the mechanism of information retention in a distinct discipline.

Unfortunately, researchers working in education have not yet thoroughly analyzed AL methods for retention skills in the field of advanced mathematics. Researchers should pay attention to the strategies of AL concerning retention skills in using advanced mathematics. However, the strategies are successful in medical sciences; AL should be used to investigate educational techniques in the new generation and help secondary and high school development. Therefore, this study aims to reinforce the effect of AL on students' retention skills in mathematical analysis, a sample from Kazakhstan and Malaysia, which is an advantage of the current research that aims to the following research question:

How does AL impact students' achievement and retention skills by a measurement tool designed by Bloom's Taxonomy for mathematical analysis subjects?

### Data Collection and Methodology

#### Data Collection

The data of the research have been collected through a measurement test about the Series subject and designed by the Levels of Bloom's Taxonomy. The measurement test scores showed the difference between AL and regular groups' success and retention levels.

#### Demographics of the participants

This study was conducted in the spring-fall semesters of academic years, with 100 participants at Suleyman Demirel University in Almaty and with 100 participants at University Malaysia Pahang. The implementation of AL lasted for 14 weeks, and each group separated 50 members in each university. The participants knew the English language at the level of intermediate in general.

### Methodology

The study employs a quantitative method. First-year university students were chosen and had three hours of mathematics each week, and each hour of the lesson lasts fifty minutes. The experiment aims to reveal that a student in an AL group can keep the course information better in the long term (It was about four months) than a student in the regular learning group. More importantly, we examined to show the effectiveness of the methods that were AL and regular learning. As a result, students were tested twice; the first time was when immediately after a couple of chapters were finished, and the second was four months later. The first pre-test and post-test consisted of 200 students divided into equal groups for the used methods. The mathematical analysis-2 course consists mainly of series and convergence of the series. Two different classes having the same academic performance participated in the study. Both groups in the study took the same course knowledge with other techniques. Group sampling was random. The instructor taught the groups with the help of a teaching assistant during the academic year, and the participating students received no credit for completing the test.

While taking the pre-test at the beginning of the implementation, the lecturer received the post-test four months later. The instructor administered all tests and limited to fifty minutes to complete the test.

We used the t-test analysis for the small groups to reveal the difference between the AL and regular learning groups' post-test scores controlling their primary differences using a pre-test in the middle of the semester.

We ensured the process of study used by the instructor for the groups was AL in the lecture room. Before the implementation of AL, we monitored two regular lessons from the instructor by the first author. The strategies of AL were applied during the observation. The instructor carried out active learning methods by dividing the classes into three parts. The instructor used the active learning methods in the lessons given in Table (1). (Sahin, 2007)

Table 1. The AL Strategies Used in the Study

Strategies/weeks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Total
One-minute paper	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	14
Small-Group Discussion	*		*			*			*			*		*	6
Think –Pair-Share	*		*		*		*		*			*			6
Memory Matrix		*			*				*			*			4
Kahoot-play game	*		*		*		*		*		*	*			7
Whiteboard	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		13
Brain Storming	*	*						*		*					4
Problem-solving		*		*				*		*	*	*	*	*	8
Videos						*					*		*		2

One of AL's strategies in the study, think-share-pare, shows how to apply it in an advanced mathematics course' subject in the following manner:

Think–Pair-Share: An instructor asks students to think or write about an answer for one minute, then turn to a peer to discuss their responses for two minutes. The following question was one of the examples of the activity of think-share-pair.

A ball is dropped from an altitude of 100 cm. Each time it bounces, it takes to 1/2 of its previous height. What is the ball's total distance after hitting the surface of the ground for the fourth time? Activity: The instructor discusses the problem with the partners of the small group and, after two minutes, lets them show their solutions.

### Results

Pre- and post-test means and standard deviations for AL and regular learning groups are given in Table (2).

Table 2. Group Statistics

Tests	Group	N	Mean	Std. Deviation
Pre-Test	Regular Learning	100	76.93	15.24
	AL	100	75.68	24.39
Post-Test	Regular Learning	100	47.50	17.12
	AL	100	65.31	15.75

Table (2) shows that the AL group (that is an experimental group) score is higher than that of the regular learning group (that is, the control group) for the post-test. Also, the groups' levels are closer to each other, utilizing the pre-tests of the groups.

After that, we used a t-test to evaluate whether the dependent variable varies between the AL and regular learning groups by the scores taken four months later. The results of the t-test analyses are shown in Table (3).

Table 3. Analyses of T-test

Tests	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
	F	Sig.	t	df	p
Pre-Test	3.75	.06	.17	30	.863
Post-Test	.052	.82	-3.06	30	.005

There is a significant result in students' retention for the post-test [p=0.005] of the AL group, as seen in Table (4).

Table 4. Independent Samples Test Results for Remembering, Understanding and Applying Levels of Bloom's Taxonomy

Level test of variance equality								95% Confidence Interval of the Difference	
Levels of Thought Actions	Variances	F	p	T	df	p	Mean D.	Lower	Upper
Remember	Equal variances assumed	.20	.65	-.63	30	.53	-4.68	-9.85	10.48
Understand	Equal variances assumed	2.51	.12	-3.93	30	.00	-28.60	-3.44	-13.75
Applying	Equal variances not assumed	6.05	.02	-2.26	25.58	.03	-17.87	-34.14	-1.60

As seen from Table 6, while the mean difference (-4.688) between remembering levels of regular and AL groups is not significant, the mean differences between understanding (-28.600) and applying (-17.875) are statistically significant. This result confirms Barnes's (1989) conclusion that AL helps students understand the subject through a query, collecting and determining data to solve higher-order cognitive problems.

### Conclusions and Discussions

This study analyzed the difference between the AL group and traditional learning groups studying advanced mathematics. As predicted, students in the AL condition reported more excellent performance and retention in mathematical analysis courses. Based on the results, the study found the effectiveness of active learning methods through an accurate experiment for a group of students in success and retention skills. Interestingly, no student scored better results than the second exam, which shows consistency because the student's achievement and retention scores are less than the first exam scores.

It can be discussed with a well-written textbook and an active lecturer, and good students can get their course materials better. However, instructors may not be able to empathize with relatively mediocre students under guardianship and, as a result, may not understand the illustration and may have to do a repetition to teach the class concepts. This study is unique compared to other similar ones conducted on this topic in that it is the first study conducted in Kazakhstan, or maybe the first study in commonwealth nations. AL significantly affected students' retention in advanced mathematics when the groups of size, grade, and level of success were equal.

The result of this study promotes other research, which approves that AL keeps students' retention skills. For instance, Smith and Cardaciotto found a significant result that students in the AL environment showed higher retention and engagement with the course material in large classes. Similarly, Kvam (2000) accomplished an experiment to search the long-term impacts of AL instruction on student retention in an elementary engineering statistics class. Two groups of students took part in the study—one group was taught using traditional lecture-based learning, and the other group used AL methods. Retention was measured by examining the students immediately after the course finished and then again eight months later. The result proposes that AL is effective in increasing retention for students with average or below-average scores.

The meta-analysis done by Markant et al. [18] covering the studies published between 1961 and 2016, had a broad range of experimental evidence. It shows that such active control can lead to improvements in various forms of retention (including episodic retention) relative to passive conditions that lack the same opportunity for management, suggesting that enhanced retention may be a common AL outcome. Moreover, the analysis showed that these enhancements could appear from several different processes, depending on the kinds of control provided by an organized activity.

One of the main factors that make it difficult for instructors to use active learning in the classroom is that it requires a long time to prepare the activities, and the tools and resources are limited. The current study looked into AL's feasibility and advantages as a course method in small lecture-style classes to increase engagement with course material. This treatment may be used in other types of the classroom. For example, the AL environments based on technology may increase the use of meaningful learning that requires students to synthesize and analyze knowledge.

Future research with AL can be carried out to consider cultural conditions, using different software and feedback for the student to control new factors that enhance retention. We recommend that the instructors use various strategies of active learning in teaching advanced mathematics. Further research could also be conducted on AL's impact on student motivation, entrepreneurship, problem-solving skills, and meta-cognition in Kazakhstan.

### References:

- 1 Berkeley university of California. (2019). *Berkeley center for teaching and learning*. Retrieved from *Active Learning Strategies*: <https://teaching.berkeley.edu/active-learning-strategies>, (n,d)
- 2 Şahin, M. (2007). *The Importance of Efficiency in Active Learning*. *Journal of Turkish Science Education (TUSED)*, 4(2).
- 3 Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, J. H., & Wenderoth, M. P. (2014). *Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410-8415.
- 4 Prince, M. (2004). *Does Active Learning Work? A Review of the Research*. *Journal of engineering education*, 93(3), 223-231.
- 5 *The Active Learners Institute*. (2011, January). *The Active Learners Institute*. Retrieved from *The Active Learners Institute Web site*: <https://sites.google.com/site/activelearnersinstitute/active-learning-retention-rates>, (n,d)
- 6 Ronaldo, T.; Lazaro P.T. (2020). *The Limbic Network: Influence over motor control, memory and learning*. *Uphred's Neurological Rehabilitation*.
- 7 Riga, F., Winterbottom, M., Harris, E., & Newby, L. (2017). *Inquiry-based science education*. In *Science education* (pp. 247-261). Brill Sense.
- 8 Hovelynck, J. (2003) 'Moving Active Learning Forward,' *Journal of Experiential Learning* 26 (1): 1–7.



- 9 Whittington, K. J. (2006, June). *Increasing student retention and satisfaction in IT introductory programming courses using active learning. In Proc. 2006 Informing Science and IT Education Joint Conf.*
- 10 Cherney, I. D. (2008). *The effects of active learning on students' memories for course content. Active learning in higher education, 9(2), 152-171.*
- 11 Smith, C. V., & Cardaciotto, L. (2011). *Is active learning like broccoli? Student perceptions of active learning in large lecture classes. Journal of the Scholarship of Teaching and Learning, 11(1), 53-61.*
- 12 Bullard, L., Felder, R., & Raubenheimer, D. (2008). *AC 2008-521: Effects of Active Learning on Student Performance and Retention. Age, 13, 1.*
- 13 Mayer, R. V. (2016). *Computer Model of the Empirical Knowledge of Physics Formation: Coordination with Testing Results. European Journal of Contemporary Education, 16(2), 239-247.*
- 14 Jonkovic, J. (2022). *Intellectual and memory impairments. Bradley and Daroff's Neurology in Clinical Practice.*
- 15 Fillt, H. M. (2017). *Normal Cognitive Aging. Brocklehurst's Textbook of Geriatric Medicine and Gerontology.*
- 16 Bouyeure, A.; Noulhiane, M. (2021). *Factors affecting development in normal and adverse environments. In Factors Affecting Neurodevelopment, 2021.*
- 17 Fereyduni, J, Baniadam, I, Rahimi, A. (2017). *The Effect of Turkish Lyrical Music on Foreign Language Vocabulary Acquisition and Long -Term Retention in a Turkish Language Course (TOMER). The Modern Journal of Applied Linguistics (MJAL) 9:3Spring 2017.*
- 18 Markant et al., Markant, D. B., Ruggeri, A., Gureckis, T. M., & Xu, F. (2016). *Enhanced memory as a common effect of active learning. Mind, Brain, and Education, 10(3), 142-152.*

С.Р. Сайфетдинова<sup>1\*</sup>, А. М. Тлеулесова<sup>2</sup>, Ұ. Ә. Сейсен<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

\*e-mail: sayfetdinsandi@mail.ru

## ЫҚТИМАЛДЫҚТАР ТЕОРИЯСЫ МЕН МАТЕМАТИКАЛЫҚ СТАТИСТИКАНЫ МЕКТЕПТЕ ОҚЫТУ КЕЗІНДЕГІ ИНФОРМАТИКА МЕН МАТЕМАТИКАНЫҢ ПӘНАРАЛЫҚ БАЙЛАНЫСЫ

*Аңдатпа*

Ұсынылған мақалада мектептегі математика сабағында “Ықтималдықтар теориясы мен математикалық статистика” бөлімін оқыту барысында қолдануға болатын информатика мен математика пәндерінің пәнаралық байланысының мүмкіндіктері, мақсаты мен өзектілігі баяндалған. Бүгінгі қоғамның талабына сай тұлға дайындау білім беру жүйесінде өзекті міндеттерінің бірі. Ал талапқа сай болу үшін білім беру жүйесінде озық технологиялар мен әдіс-тәсілдерді ұштастыра отыра білім беріп, білім сапасын арттыру қажет. Сәйкесінше мақалада мектептің математика курсына ықтималдықтар теориясы және математикалық статистика тақырыбында кездесетін есептердің ақпараттық технологияның көмегімен, соның ішінде информатика сабағында өтілетін Python бағдарламалау тілімен шешудің жолдары мен тиімділігі қарастырылған. Математиканы оқыту барысында пәнаралық байланыс орнату оқушының математика сабағына деген ынтасын арттыруға, есептеу дағдыларын дамытуға, функционалды сауаттылығын арттыруына қол жеткізер таптырмас мүмкіндік болып табылады. Жұмыстың мақсаты жалпы орта білім беретін мектептерде “Ықтималдықтар теориясы мен математикалық статистика” бөлімін оқу барысында Python бағдарламалау тілін қолдана отырып есептің шешілу жолдарын көрсету. Мақалада зерттеліп отырған мәселе бойынша осы кезге дейін жарық көрген жұмыстарға зерделеу жүргізіліп, мектеп бағдарламасында кездесетін кейбір есептердің Python бағдарламасы көмегімен шығару жолы қарастырылған.

**Түйін сөздер:** мектеп математика курсы, Python, ақпараттық технология, ықтималдықтар теориясы, математикалық статистика, пәнаралық байланыс, информатика.

*Аннотация*

С.Р. Сайфетдинова<sup>1</sup>, А.М. Тлеулесова<sup>2</sup>, Ұ.Ә. Сейсен<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный женский педагогический университет, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

## МЕЖПРЕДМЕТНЫЕ СВЯЗИ ИНФОРМАТИКИ И МАТЕМАТИКИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

В статье изложены возможности, цель и актуальность межпредметной связи предметов информатики и математики, которые могут быть использованы при изучении раздела «теория вероятностей и математическая статистика» на уроках математики в школе. Подготовка личности, отвечающей требованиям современного общества, является одной из актуальных задач системы образования. А чтобы соответствовать требованиям, необходимо повышать качество образования, сочетая современные технологии и методы в системе образования. В статье рассмотрены пути и эффективность решения задач, встречающихся в школьном курсе математики на тему теории вероятностей и математической статистики с помощью информационных технологий, в том числе языка программирования Python, который будет проходить на уроках информатики. Установление межпредметных связей в процессе обучения математике является незаменимой возможностью для повышения мотивации учащегося к занятиям математикой, развития вычислительных навыков, повышения функциональной грамотности. Цель работы показать способы решения задачи с использованием языка программирования Python при изучении раздела «теория вероятностей и математическая статистика» в общеобразовательных школах. В статье проводится изучение работ, опубликованных до настоящего времени по исследуемой проблеме, и рассматривается способ вывода некоторых задач, встречающихся в школьной программе, с помощью программы Python.

**Ключевые слова:** школьный курс математики, Python, информационные технологии, теория вероятностей, математическая статистика, межпредметные связи, информатика.

Abstract

**INTERDISCIPLINARY CONNECTIONS OF COMPUTER SCIENCE AND MATHEMATICS IN THE STUDY OF PROBABILITY THEORY AND MATHEMATICAL STATISTICS**

*Saifetdinova S. R.<sup>1</sup>, Tleulesova A. M.<sup>2</sup>, Seisen U. A.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Kazakh National Women's Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan*

<sup>2</sup> *Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

The proposed article outlines the possibilities, purpose and relevance of interdisciplinary communication of computer science and mathematics subjects, which can be used in the study of the section "probability theory and mathematical statistics" in mathematics lessons at school. The preparation of a person who meets the requirements of modern society is one of the urgent tasks of the education system. And in order to meet the requirements, it is necessary to improve the quality of education by combining modern technologies and methods in the education system. The article discusses the ways and effectiveness of solving problems encountered in the school mathematics course on Probability Theory and mathematical statistics using information technology, including the Python programming language, which will be held in computer science lessons. The establishment of interdisciplinary connections in the process of teaching mathematics is an indispensable opportunity to increase the motivation of a student to study mathematics, develop computational skills, and improve functional literacy. The purpose of the work is to show ways to solve the problem using the Python programming language when studying the section "probability theory and mathematical statistics" in secondary schools. The article examines the works published so far on the problem under study, and considers a way to deduce some of the problems encountered in the school curriculum using the Python program.

**Keywords:** school mathematics course, Python, information technology, probability theory, mathematical statistics, interdisciplinary connections, computer science.

**Кіріспе**

Жаңа білім беру стандарттарына сәйкес білім берудің мақсаты - қазіргі ақпараттық қоғамда бағдарлай алатын, өз бетінше ойлана алатын, туындаған мәселелерді көре алатын, жаңа технологияларды қолдана отырып оларды шешудің жолдарын іздейтін, ақпаратпен сауатты жұмыс істейтін, өз ақылын, мәдени деңгейін өз бетінше дамыта алатын жан-жақты дамыған тұлғаларды даярлау. Соған сәйкес білім беруде жаңа бағыттар пайда болып, білімнің сапасына ерекше көңіл бөлінуде.

XX ғасырдың екінші жартысынан бастап әлем ақпараттандыруға көшті. Сәйкесінше қазіргі білім беру жүйесін инновациялық технологияларсыз, соның ішінде ақпараттық технологияларсыз оқыту мүмкін емес.

Оқытудың дәстүрлі тәсілі әрқашан бұл мақсатты толық жүзеге асыруға мүмкіндік бермейді. Осы мәселелерді шешу үшін сабақтың құрылымына жаңа технологиялармен оқыту, соның ішінде ақпараттық технологиялармен жұмыстану арқылы білім сапасын арттыру қажеттілігі туындады. Қазақстан Республикасының 2015 жылғы қабылданған ақпараттандыру туралы заңында ақпараттық технология саласын дамытуды, арттыруды қолға алу керек деп, соған сәйкес әрекеттерді ұсынып, ақпараттандырудың маңызды екенін атап өткен болатын [1].

Ақпараттық технологиялар оқушының сабақ барысында оның қызығушылығы мен белсенділігін сақтайтын оқытудағы жаңа технологиялардың бір түрі болып табылады. Ақпараттық технологиялар баланың сабаққа қатысуға деген қызығушылығы мен ынтасын оятуға көмектесу арқылы оқуға деген талапты қалыптастырады, оқушыға сабақта не болып жатқанын тез әрі оңай түсінуге, қорытынды жасауға, өз әсерлерін білдіруге, көз алдында бейнені көру арқылы, материалды қысқа уақытта сапалы меңгеруге көмектеседі.

Сағат сайын ауысып отыратын құбылыстар мен процестер арасындағы байланыстың тереңдігін түсіне отырып, әлемнің бейнесін тұтас көрсете отырып, жоғары білімді, интеллектуалды дамыған тұлғаны қалыптастыруға бағытталған қазіргі білім беру жүйесінде пәнаралық байланыстың да алатын орны ерекше. Себебі, интеграцияланған сабақтар оқушылардың әлеуетін дамытады, қоршаған ортадағы шындықты белсенді танып-білуге, себеп-салдарлық байланыстарды түсінуге және табуға, логиканы, ойлауды, коммуникативті қабілеттерді дамытуға итермелейді.

Алайда, қазіргі мектептегі пәндердің тәуелсіздігі, олардың бір-бірімен әлсіз байланысы оқушылардың әлемнің тұтас бейнесін қалыптастыруда айтарлықтай қиындықтар туғызады. Білім берудегі жаңа тәсілдерді жүзеге асырудың жолдары - жоғарыда аталған барлық нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік беретін әртүрлі инновациялық технологиялар мен иновациялық оқыту әдістері. Оқытудың инновациялық формаларының бірі интеграцияны ескере отырып, оқытылатын пәндер бойынша пәнаралық сабақтар жүйесі жасалып, іс жүзінде қолданылуы. Жалпы оқытудағы пәнаралық

байланыстар бүгінде ғылымда және қоғам өмірінде болып жатқан интеграциялық процестердің нақты көрінісі болып табылады. Бұл байланыстар оқушылардың практикалық және ғылыми - теориялық дайындығын арттыруда маңызды рөл атқарады, оның маңызды ерекшелігі оқушылардың танымдық іс-әрекеттің жалпыланған сипатын игеруі болып табылады.

Пәнаралық байланыстар - бұл ұғымдарда, ғылыми фактілерде, заңдарда, теорияларда көрініс табатын оқу пәндері мазмұнының құрылымдық элементтері арасындағы байланыс [2].

Пәнаралық байланыстың уақытқа байланысты 3 түрі болады. Сәйкесінше математика пәні мұғалім ұстануы керек түрлері:

1. Алдыңғы пәнаралық байланыстар - бұл математика курсының материалын оқу кезінде басқа пәндер бойынша бұрын алған білімге сүйенетін байланыстар.

2. Қатарлас пәнаралық байланыстар - бұл бірқатар сұрақтар мен тұжырымдамалардың математикада да, басқа пәндерде де оқылатындығын ескеретін байланыстар.

3. Перспективалық пәнаралық байланыстар математикадан материалды зерттеу оны басқа пәндерде қолданудан озып кеткен кезде қолданылады [3].

Математиканы оқыту процесі мектеп оқушыларында математиканың пәнінің мәні, оның жалпы және арнайы әдістері, математиканың бүкіл ғылым жүйесі үшін және математика ғылымы үшін рөлі туралы дұрыс түсініктерді қалыптастыруға бағытталады. Математиканы оқудың маңыздылығы оқушылардың жалпы дамуы үшін, логикалық ойлау дағдыларын дұрыс қалыптастыру, шығармашылық негіздерді қалыптастыру үшін өте үлкен екенін атап өткен жөн. Ал осы математика мен басқа оқу пәндері арасындағы пәнаралық байланыс қажеттілігі оқытудың дидактикалық принциптерінен, мектептің білім беру міндеттерінен, оқудың өмірмен байланысынан және оқушыларды тәжірибеге дайындау міндеттерінен туындайды.

Математика сабақтарындағы пәнаралық байланыстарды физикалық, химиялық, географиялық және басқа мазмұндағы есептерді шешу арқылы жүзеге асыруға болады. Математика сабақтарындағы пәнаралық есептерді теорияны практикамен байланыстыру, жалпы ғылыми ұғымдарды қалыптастыру, білімді жалпылау және жүйелеу, оқушыларды кәсіптік бағдарлау үшін пайдалануға болады. Мысалы, пәнаралық есептерді оқушыларға математикадан жаңа тақырыпты түсіндіргеннен кейін оқытылған теореманың, формуланың, қасиеттің практикалық қолданылуын көрсету үшін ұсынуға болады.

Ал қазіргі ақпараттандыру заманында пәнаралық байланыс айтарлықтай орын алады. Соның ішінде математика сабағында ақпараттық технологияларды қолданып оқыту, математика мен информатиканың пәнаралық байланысының жақсаруына әкеледі. Математика мен информатика сабақтарының байланысын қолдана отырып, біз бірден екі мәселені шешеміз: пәніміздің маңыздылығы мен қызығушылығын арттырамыз және басқа пәндерді оқудың қуатты құралын береміз.

### **Әдістер мен материалдар**

Жұмыстың зерттеу әдістері ретінде біз жалпы ғылыми әдістер, соның ішінде теориялық әдістерді пайдаландық. Жұмысымыздың мақсатына сәйкес ғылыми жұмыстар кешенімен жұмыстандық. Нәтижесінде білім және ғылым туралы нормативтік құжаттарды, педагогикалық-психологиялық бағыттағы әдебиеттерді зерттеп сараланды. Оқу бағдарламасында кездесетін кейбір есептердің пәнаралық байланыс негізінде шешуін практикалық түрде көрсетілді. Сонымен қатар зерттеу тәжірибесі жүргізіліп, нәтижесі ұсынылды.

### **Нәтижелер мен оларды талдау**

Алғашқы интеграциялау ұғымы педагогикаға 1980 жылдардың басында кірген болатын. Бұл туралы орыс зерттеушілері Каменский Я.А., Батурина Г.И., Чернышевский Н.Г., Петухов Н.Н., Ушинский К.Д., Герцен А.И. өз еңбектерінде келтіріп, оқушылардың басындағы табиғаттың тұтас бейнесін көрсету, шынайы білім жүйесін құру және әлемді дұрыс түсіну, сонымен қатар жалпыланған білім мен танымдық процестің тұтастығы қажеттілігін атап өткен болатын.

Ал Трофимова М.Л., Афанасьев А.Е. ұсынған жұмыстарында "Пәнаралық байланыс" ұғымы екі көзқарас тұрғысынан қарастырылады: педагогикалық категория ретінде және оқыту тиімділігінің дидактикалық шарты ретінде деп көрсетті [4].

Отандық зерттеушілер ішінен Кокажаева А.Б., Жексембинова А.Б., Мухаметказыева Е.А., Дуанов Ж. Б., Керимбаева Р.Қ., Шауенова М.А. жұмыстарын атап өтсек болады.

Соның ішінде Р.Қ. Керимбаева, М.А. Шауенова бүгінгі күндегі білім беру саласында болып жатырған өзгерістерге сай интеграциялау процесінің мәнін ғылыми-теориялық тұрғыда негіздеген

және интеграция мақсатын, принципін, мазмұнын ашып көрсеткен. Сонымен қатар пәндерді интеграциялап оқытудың нәтижесін төмендегідей атап өтті: - оқушылар эмоционалдық тұрғыда дамып, пәнге қызығушылығы артады, - оқушылардың білім деңгейі артып, оқу үлгерімі жетіледі, - интеллектуалдық даму деңгейі көтеріледі, - оқытылатын пәндер арасында сабақтастық құрылады, - оқушылардың оқу-танымдық белсенділігі артады, - оқушылардың өздігінше жұмыс істеу қабілеті артады. - оқушылар ұжымда, топта белсенді жұмыс істеуді меңгереді [5].

Бычкова Д. Д. өз зерттеуінде: Пәнаралық байланыстарды іске асырудың тиімділігі әдістемелік құралдардың тұтас жүйесін пайдалануға тікелей байланысты. Жеке пән білім алушылардың білім жүйесіне оның мазмұнымен ғана емес, сонымен қатар басқа тақырыптық байланысты пәнді оқытуда қолдану оқу процесінің интеграциялау процесінің тиімділігін арттыруға әсер ететін де ескеру қажет. Алайда, математика оқу жүйесінде ең маңызды орынды алады, сол үшін де дәл математикада білімнің әртүрлі салаларында пайда болатын әртүрлі есептеулерге арналған әмбебап аппарат құрылды, ол сипаттамалық және эксперименттік ғылымдармен өзара байланысты деп атап өтеді. Сонымен қатар, зерттеу жұмысының ғылыми жаңалығы ретінде пәнаралық байланыстарды жүзеге асырудың негізгі шарты ретінде математика мен информатиканы оқыту процесінің үш құрамдас бөлігі (теориялық, іс жүзінде аналитикалық, іс жүзінде эксперименттік) деп бөліп, теориялық тұрғыдан негіздеген және «Ықтималдықтар мен статистика теориясының элементтері» және «компьютерлік модельдеу» пәндеріне оқытудың әдістемелік жүйесін құрудың 9 әдісін ұсынған, аталған әдістер пәнаралық байланыстар және болашақ математика және информатика мұғалімдерінің кәсіби құзыреттілігін арттырады деп келтірген [6].

Әдебиеттерді зерделей келе пәнаралық байланысқан сабақтардың артықшылықтарына жатқызамыз:

- оқушылардың жаңа материалды оқуға деген ынтасын арттыруға септігін тигізеді;
- оқушылардың оқуға деген терең көзқарасын дамыту, демек, зерттелетін материал туралы тереңірек түсінік қалыптастыру;
- ақпаратты қабылдау және түсіну сияқты оқытудың танымдық аспектілерін ынталандыру;
- интеграция әр түрлі пәндерді оқу кезінде оқушылардың бақылауының белгілі бір тұжырымдарын растайтын немесе тереңдететін фактілер арасындағы жаңа байланыстарды табу көзі болып табылады [7].

Кокажаева А.Б., Жексембинова Е.А., Мухаметказыева А.Б. өз зерттеулерінде математика, информатика және басқа да пәндермен пәнаралық байланыс сабақты қызықты өтуіне, ақпараттық технологиялармен, соның ішінде компьютерді жұмыс құралы ретінде пайдалануға және оқушылардың математикалық зерттеумен айналысуына мүмкіндік беретінін сөз етіп, сондай-ақ пәнаралық байланыс оқушылардың әлеммен, оның құбылыстарымен сабақ барысында байланыс орнатуға болатынын атап өтті [8].

Сонымен пәнаралық байланыс бұл бірқатар пәндердің оқу материалын іріктеуге және құрылымына әсер ететін, оқушылардың білімінің жүйелілігін арттыратын, оқыту әдістерін белсендіретін, оқу-тәрбие процесінің бірлігін қамтамасыз ете отырып, оқытуды ұйымдастырудың кешенді нысандарын қолдануға бағдарлайтын оқытудың заманауи үрдісі. Пәнаралық байланыстарды іске асыру бойынша оқытушының қызметіне айтарлықтай дайындықтарды қажет етеді. Осы орайда пән оқытушыларының жауапкершілігіне оқу жоспарлары мен бағдарламаларын үйлестіру, оқулықтар мен әдістемелік құралдарды үйлестіру, сондай-ақ оқушыларды қажетті ақпаратты бір пәннен екінші пәнге ауыстыруға үйретудің әзірленген және эксперименталды түрде тексерілген әдістемесі және осы маңызды дағдыны тексерудің тиімді әдістері жатады.

Әдебиеттерге шолу жұмысын жасай келе, пәнаралық байланыс мына ақпараттық заманда математика мен информатика пәндерінің байланысының маңыздылығын көрсетті. Математика мен информатика пәндерінің байланысын “Ықтималдықтар теориясы мен математикалық статистика” бөлімінде байланыстыруға болады. Әсіресе математика сабағында өтілген амалдарды, ақпараттық технологиялар, соның ішінде программалау тілінде көрсету оқушының сабаққа деген ынтасын арттыруға, ой-өрісін дамытуға, ақпараттық күзінеттілігінің дамуының таптырмас құралы болып табылады.

Пестова М.С. өз зерттеуінде ақпараттық технологияларға анықтама беріп, технологияларды екі топқа жіктеп қараған. Ақпараттық технологиялар – бұл есептеу техникасы мен телекоммуникация құралдарын қолдана отырып жүзеге асырылатын ақпаратпен жұмыс істеудің ақпараттық процестері мен ақпараттық әдістері. Оқытудың заманауи ақпараттық технологияларының негізгі міндеттері танымдық іс-әрекет процесін басқарудың интерактивті орталарын әзірлеу, заманауи ақпараттық-

коммуникациялық ресурстарға қол жеткізу болып табылады. Ақпараттық коммуникациялық ресурстар – бұл білім беру процесіне қатысушының рөлі мен орны бойынша сараланған пайдаланушылардың қол жетімділігі қамтамасыз етілген ғылыми-педагогикалық, оқу-әдістемелік, оқулық, нормативтік-техникалық және нұсқаулық ақпараттың жиынтығы, сондай-ақ пайдаланушының жеке ерекшеліктері мен қалауына сәйкес ақпараттық ресурсты алу мүмкіндігі. Оқу процесінде жиі қолданылатын ақпараттық технологияларды екі топқа бөлуге болады: – Жергілікті желілерді және ғаламдық интернет желісін пайдаланатын желілік технологиялар (әдістемелік ұсынымдардың, оқулықтардың электрондық нұсқасы, интернет арқылы, оның ішінде нақты уақыт режимінде оқушылармен интерактивті байланысты қамтамасыз ететін қашықтықтан оқыту серверлері); - жергілікті компьютерлерге бағытталған технологиялар (оқыту бағдарламалары, нақты процестердің компьютерлік модельдері, демонстрациялық бағдарламалар, электронды тапсырмалар, бағдарламаларды бақылау, дидактикалық материалдар). Сондай-ақ, автор ұсынылған жұмысында білім алушыларға ықтималдық теориясының элементтерін үйрету кезінде ақпараттық технологияларды пайдалану мысалдарын келтірген, соның ішінде Pascal бағдарламалау тілінде есептерді шығаруды қарастырған [9].

Қазіргі кезде ықтималдықтар теориясы мен математикалық статистика идеялары мен әдістері барлық жаратылыстану және техника ғылымдарында, экономикада, өндірісті жоспарлау және ұйымдастыру мәселелерінде, байланыс саласында, тіпті математикадан алшақ жатқан педагогика, психология, лингвистика, археология, геология сияқты ғылымдарда да қолданылады. Қазір кездейсоқ оқиғалар мен ықтималдықтар туралы түсініктерді жеткілікті дәрежеде игермей, құбылыстар мен үдерістердің қатаң анықталған заңдылықтарға емес, одан күрделі заңдылықтарға бағынатынын түсінбей тұрып, физика, химия, биология саласында жұмыс істеу, өндірістік үдерістерді басқару мүмкін емес [10].

Ықтималдықтар теориясы мен математикалық статистика элементтері кез-келген адамның математикалық және жалпы мәдениетінің маңызды құрамдас бөлігі ретінде саналады. Көптеген шет елдерде бұл бөлім бастауыш сыныптардан бастап оқытылады. Отандық мектепте комбинаториканың басталуы және жалпы “Ықтималдықтар теориясы мен математикалық статистика” бөлімі 2003 жылдан бастап оқу бағдарламасына енгізілді.

Комбинаториканы, ықтималдықтар теориясын және статистиканы зерттеу қазіргі кезде аса өзекті, себебі осы тақырып бойынша есептер Ұлттық бірыңғай тестілеуге енгізілген [11].

Мектеп оқулықтарында оқу бағдарламасына сәйкес бағдарламалау сабақтары 5 сыныптан бастап оқылады. Себебі қазіргі нарықта IT саласындағы мамандар сұранысқа ие және барлық бағытта цифрландыру жүріп жатырғандықтан, әр адамның цифрлы сауатты болуы маңызды рөл атқарады. Алғаш оқушылар бағдарламаумен информатика пәнінде 5 сыныпта “Программалау” деген бөліммен танысады, 6 сыныпта “Алгоритмдер және программалау” деген бөлімді өтеді. Осы бөлімде Python бағдарламалау тілімен танысып, синтаксистерімен жұмыс атқарады, 7 сыныпта осы бағдарламаның күрделірек түрімен танысып, «Салынған және құрамдас шарттарды, тармақталған алгоритмдерді программалау, файлдарды оқу және жазу» бөлімдерін өтеді, 8 сыныпта осы бағдарламаның цикл операторларымен жұмыстанады, 9 сыныпта массивпен және оның элементтерімен, PyGame кітапханасымен танысады [12].

Оқушылардың алгоритмдік, логикалық және басқа да ойлау түрлерін дамыту, IT-технологиялардың қарқынды дамуы жағдайында компьютерлік сауаттылық негіздерін қалыптастыру, компьютерлік қабілеттері мен дағдыларын дамыту үшін бағдарламалауды зерттеудің рөлі өте зор.

Енді математика пәнінің бағдарламасына келетін болсақ, мектеп бағдарламасында “Ықтималдықтар теориясы мен математикалық статистика” элементтері 7 сыныптан бастап оқулықтарға енген. 7 сынып оқулығында «Статистика элементтері» деген тараумен, оның ішінде: Бас жиынтық және таңдама, Жиіліктер мен салыстырмалы жиіліктер алқабы тақырыптары берілген, 8 сынып оқулығында Статистика элементтері деген тараумен ішінде кездейсоқ таңдаманың графиктік бейнесі, таңдамалық дисперсия және стандартты ауытқуы тақырыптары, 9 сынып оқулығында «Комбинаторика элементтері», соның ішінде комбинаториканың негізгі ережелері мен ұғымдары, қосынды ережесі және көбейтінді ережесі, санның факториалы мен орналастырулар мен алмастырулар, қайталанбайтын терулер, комбинаториканың негізгі формулалары, комбинаторика формулаларын қолданып есептер шығару, ньютон биномы және оның қасиеттері деген бөлімдермен, 10 сыныпта Комбинаторика элементтері және ықтималдықтар теориясы атты тараумен, комбинаторикалық есептер, қосынды ережесі және көбейтінді ережесі, қайталанатын және қайталанбайтын орналастырулар мен алмастырулар, қайталанатын және қайталанбайтын терулер, жуықтап есептеуге арналған натурал

көрсеткішті Ньютон биномы, Оқиғаның ықтималдығы және оның қасиеттері, шартты ықтималдық, ықтималдықтарды қосу және көбейту ережелері, толық ықтималдық формуласы, Байес формуласы, Бернулли формуласы және оның салдары, нақты құбылыстар мен процестердің ықтималдық модельдері деген бөлімдермен, 11 сыныпта Математикалық статистиканың бастапқы түсініктері, соның ішінде бас жиынтық және таңдама, дискретті және вариациялық қатарлар, кездейсоқ шаманың сандық сипаттамалары бойынша бағалау бөлімдермен берілген [13-17].

Математика және информатика пәндерінің пәнаралық байланыстары ақпаратпен, ақпараттық процестермен байланысты мәселелерді зерттеу кезінде келесі нысандарда жүзеге асырылады:

- компьютерлік презентацияларды аудиовизуалды және видеовизуалды мүмкіндіктерді біріктіру арқылы материалды ұсыну нысандарын жақсарту үшін пайдалану;

- математикалық есептерді бағдарламалау тілінде және кестелік процессорда сандық әдістердің көмегімен шешу, комбинаторика элементі ретінде іріктеу алгоритмдерін пайдалану;

- оқушыларға ең қиын математика формулаларын бекіту құралы ретінде формула редакторын қолдану;

- кестелік процессор және бағдарламалау тілі арқылы әртүрлі процестерді модельдеу;

- математикалық нысандарды визуализациялау үшін графикалық пакеттерді пайдалану [18].

Бұл өз кезегінде сабақтың жеткілікті тиімділігі туралы айтуға мүмкіндік береді. Әр түрлі іс-шараларға ауысу арқылы мұндай сабақтар шаршауды, оқушылардың шамадан тыс жүктелуін жеңілдетеді, танымдық қызығушылықты күрт арттырады, оқушылардың қиялын, зейінін, ойлауын, сөйлеуі мен жадын дамытуға қызмет етеді.

Пәнаралық байланыс орнату кезінде «Ықтималдықтар теориясы мен математикалық статистика» бөлімінің есептеріне тоқталып өтейік. Соның ішінде комбинаторикаға байланысты амалдар қолдану информатика сабағында да, математика сабағында да оқиғаның ықтималдығын табу кезінде көп кездеседі. Комбинаторика элементтері математика және информатика курстарына мектеп деңгейінде де, оқытудың кәсіби деңгейінде де енгізілген [19].

Комбинаторика ықтималдықтар теориясының кіріспесі ретінде қарастырылады, себебі комбинаторика әдістерінің ықтималдықтар теориясында барлық мүмкін болатын жағдайлар саны мен қолайлы жағдайлар санын есептеуге көп септігі тиеді [20].

Сонымен шешуі «нешеу», «неше тәсілмен» деген сұрауларға жауап беруді қажет ететін есептер комбинаторикалық есептер делінеді. Мұндай есептерді шешумен айналысатын математика саласы комбинаторика деп аталады [21].

Олай болса комбинаторикаға байланысты есептерді дәстүрлі математика тілінде және Python бағдарламалау тілінде шығарып көрейік.

*1-есеп.* Логарифм сөзінің әріптерінен неше түрлі 5 әріптен және 8 әріптен тұратын сөздер құрастыруға болады [22].

*Есептің шешімі:* Дәстүрлі түрде бұл есепті а) қайталанбайтын орналастырумен ә) қайталанбайтын алмастырумен шығарамыз.

Формуласы сәйкесінше:

$$A_n^k = \frac{n!}{(n-k)!}, P_n = n!$$

а) Есептің шығарылуы:  $n=8, k=5$

$$A_8^5 = \frac{8!}{(8-5)!} = 6720$$

ә) Есептің шығарылуы:  $n=8$

$$P_8 = 8! = 40320$$

Енді осы есептің Python бағдарламасында салып шығарайық.

Есептің шешімі: Бұл есепті шығару үшін бізге itertools кітапханасы қажет. Ескеру керек нәрсе itertools.permutations арқылы әріптердің қайталанатын мәзірді itertools.product арқылы әріптердің қайталанбайтын мәзірін шақыра аламыз.

Python тілінде 1 а - есептің шығарылуы :

```

main.py
1 import itertools
2 a=list(itertools.permutations('логарифм',r=8))
3 print(len(a))
Run
40320
>

```

Python тілінде 1 ә - есептің шешімі:

```
main.py
1 import itertools
2 a=list(itertools.permutations('дорарға',r=5))
3 print(len(a))
```

6720

2-есеп. Әрі 3-ке, әрі 4-ке бөлінетін неше екі таңбалы натурал сандар бар [22] ?

Есептің шешімі:

$$m = \frac{99}{3 * 4} = 8$$

Python тілінде есептің шешімі:

```
main.py
1 count=0
2- for i in range(1,99):
3-     if i%(3*4) == 0:
4         count+=1
5 print(count)
```

8

3-есеп.

6 адамды а) бір қатарға ә) дөңгелек үстел басына неше түрлі тәсілмен отырғызуға болады [22]?

Есептің шешімі: бұл есепті қайталанбайтын алмастырумен шығарамыз.

а)  $P_n = n! = 6! = 720$   
 ә)  $P_n = n! = 5! = 120$

Python тілінде есептің шығарылуы:

а)

```
main.py
1 n=6
2 f=1
3- for i in range(2,n+1):
4     f=f*i
5 print(f)
```

720

ә)

```
main.py
1 n=5
2 f=1
3- for i in range(2,n+1):
4     f=f*i
5 print(f)
```

120

4-есеп. Берілген таңдалым бойынша дисперсиясын, орташа квадраттық ауытқуын, модасын және медианасын табындар: 1, 10, 7, 7, 4, 10, 4,10, 10 [14].

Бұл есепті шығару үшін статистикалық сипаттамаларға сүйенеміз.Берілген таңдалымның дисперсиясын табу үшін мына формуланы қолданамыз:

$$D(X) = \overline{X^2} - \bar{X}^2$$

$$D(X) = 10$$

Python тілінде есептің шешімі:

```
main.py
1 import numpy as np
2 a=np.var([1,7,7,4,4,10,10,10,10])
3 print(np.average(a))
```

10.0

Орташа квадраттық ауытқуын табатын формула:

$$\sigma(x) = \sqrt{D(x)} = 3,35$$

Ал бағдарламау тілінде шешімі:



```
main.py
1 import statistics as s
2 a=[1,7,7,4,4,10,10,10]
3 print(s.stdev(a))
```

Shell  
3.3541019662496847  
> |

Таңдалымның модасын табу үшін берілген таңдалымдағы ең жиі кездесетін шаманың мәнін аламыз. Ал медиананың мәні табу берілген мәндерді өсу ретімен жазып шығып, дәл ортасындағы мәнді аламыз.

Есептің шешімі: 1-1, 4-2, 7-2, 10-4 Модасы  $M_0 = 10$ .

Медианасын табу үшін: 1, 4, 4, 7, 7, 10, 10, 10, 10. Сонда  $M_l = 7$ .

Python бағдарламау тілінде есептің шешімін табу:

Модасын табуға арналған код:

```
main.py
1 import statistics as s
2 a=[1,4,4,7,7,10,10,10,10]
3 print(s.mode(a))
```

Shell  
10  
> |

Медианасын табуға арналған код:

```
main.py
1 import statistics as s
2 a=[1,4,4,7,7,10,10,10]
3 print(s.median(a))
```

Shell  
7  
> |

Математика сабақтарында компьютерді қолдану мектептің математика курсының көптеген бөлімдерін тиімді оқуға мүмкіндік береді және математикалық есептерді шешудің маңызды құралдарының бірі болып табылады. Информатика сабағында математика сабағында енгізілген келесідей алгоритм, функция, сандар туралы түсінік және тағы да басқа ұғымдар негізінде бекітіледі. Дәлірек айтсақ информатика сабағында оқу материалын сәтті игеру арифметика, алгебра, геометрияның алдыңғы тақырыптарын зерттеу арқылы қалыптасады, демек бастапқы математикалық білімсіз бағдарламалаумен айналысу қиындық тудырады деп айтуға болады.

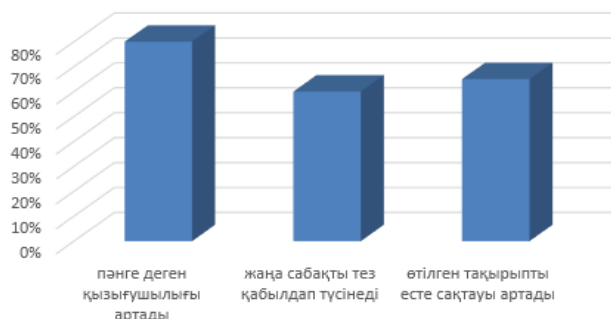
Математика мен информатиканың пәнаралық байланыстары білім алушылардың танымдық іс-әрекетін дамытуға және жандандыруға, шығармашылық қабілеттерін дамытуға ықпал етеді және білім алушылардың ынтасын арттырудың маңызды құралы болып табылады.

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде пәнаралық сабақтар оқушылардың потенциалын көтереді, ойлау логикасын, қарым-қатынас дағдыларын дамытады деген қорытындыға келуге болады. Дәл осы оқыту қазіргі қоғамның интеграцияланған ақпараттық кеңістігінде бәсекеге қабілетті маманды дайындауға үлкен септігін тигізеді.

Ал соның ішінде математика мен информатика пәндерінің байланысы оқушының сабаққа деген ынтасын ғана арттырып қоймай, ол оқушының болашақ мамандығына деген қызығушылығын, сонымен қатар функционалды сауаттылығына өз әсерін тигізеді. Зерттеу жұмыстарын саралай келсек информатиканың да математиканың да оқушының білімі үшін алатын орны ерекше. Информатика пәнінің маңыздылығы ақпараттандыру заманында арта түсті, олай дейтініміз 2022 жылдан бастап ұлттық бірыңғай тестіне таңдау пәні ретінде информатика пәні қосылды. Яғни, ұлттық бірыңғай тестілеуінде кейбір мамандықтар бойынша таңдау пәні физикадан информатика пәніне өзгертілді [23]. Осыдан-ақ бұл пәннің оқушының дамуына үлкен көмегі, маңызы бар екенін көруге болады.

Ұсынылған жұмысты зерттеу барысында тақырыбымыздың маңыздылығын айқындау үшін Орал қаласының №48 мектебінің математика, информатика пәні мұғалімдерінен сауалнама алынған болатын. Сауалнамаға қатысқан мұғалімдердің саны 50 болды. Сауалнамаға қатысушы математика, информатика пәні мұғалімдеріне мынадай сұрақтар қойылды: 1) интеграциялап оқытуды қалай түсінесіз? 2) мектеп математика, информатика пәні оқулықтарында интеграциялауға болатын тақырыптарды жиі кездестіресізбе? 3) оқыту барысында интеграциялап оқытуды қолданасызба? 4) математика мен информатика пәндерінің интеграциялап оқытудың оқуға әсері қандай? Сауалнама нәтижесіне көз жүгіртетін болсақ, алғашқы болып қойылған сұраққа сауалнамаға қатысушылардың барлығы (97%) дерлік, дұрыс тұжырымдама берді. Екінші болып қойылған сұраққа пән мұғалімдерінің 70% тақырыптарды өзара байланыстыруға болады және жеткілікті десе, қалған 30% көп емес екенін

алға тарқан. Сауалнаманың үшінші сұрағына мұғалімдердің 65% оқытуда қолдануға тырысатынын және мүмкіндігінше қолданатынын айтса, қалған 35 % уақыттың жетіспеушілігі мен игеру керек материалдың көптігінен бұл оқыту түрін жиі қолданбайтынын келтірген. Ал төртінші сұраққа мұғалімдердің жауабы төмендегідей болды (1-сурет), яғни мұғалімдердің жауабының арасында оқушылардың қызығушылығы артады (80 %), материалды тез қабылдайды (60 %), материалды есте сақтауы артады (70 %) деген жауаптар жиі кездесті.



Сурет 1. Сауалнамаға қатысушылардың жиі кездесетін жауаптары

Осыдан шығатын қорытынды зерттеліп жатырған тақырыбымыз әлі де өзекті және әдістемелік тұрғыдан жетіліп, сабақ барысында жиі қолданылуы керек деген тұжырымға келсек болады.

Зерттелген тақырыпқа сәйкес зерттеу эксперименті Орал қаласындағы № 48 жалпы орта білім беретін мектебінің 9 және 8 сынып оқушыларына жүргізілді. Соның ішінде бақылау тобында: 8 «А» сыныбы 22 оқушы, 9 «А» сыныбы 24 оқушы саны болса, эксперименттік ретінде алынғанда топта: 8 «Б» сыныбы 20 оқушы; 9 «Б» сыныбы 21 оқушы болды. Эксперименттік топ сыныптарына мектептің информатика және математика пәндерінің мұғалімдерімен біріге отыра интеграцияланған сабақтар өткізіліп, жоғарыда ұсынылғандай материалдар беріліп, әдістемелік тұрғыда қаралып, өзара зерттеу жұмыстары жүргізілді. Нәтижесінде төмендегідей көрсеткіштерге ие болдық.

Кесте 1. Зерттеу экспериментінің нәтижесі

Оқу сыныбы	“5”	“4”	“3”	“2”	Оқу үлгерімі
8 «А»	2	13	7	0	3,77
8 «Б»	6	10	4	0	4,1
9 «А»	2	16	6	0	3,83
9 «Б»	2	16	3	0	3,95

Зерттеу эксперименті барысында алғашқыда үлкен айырмашылықтар байқалмады. Бақылау тобында оқу жоспарына сәйкес оқыту жүрді, ал эксперименттік топта информатика мен математиканың байланысында “Ықтималдықтар теориясы және математикалық статистика” тарауларының тапсырмаларын байланыстыра отыра есептерді шығару арқылы өткізілді. Берілген 1-кестеде зерттеу экспериментінің нәтижесін көрсек болады. Нәтиже сыныптың оқу үлгерімінің орташа көрсеткіші бойынша берілген. Сонымен нәтижеге көз жүгіртсек, 8 сынып оқушыларының оқу үлгерімі 0,33-ке, ал 9 сынып оқушыларының оқу үлгерімі 0,12 артқанын байқауға болады.

Оқушылардың математикалық қабілеттері бірдей дамымаған және түсініктері шашыраңқы болған жағдайда, оқытудың интеграцияланған тәсілі әр оқушыға оқу материалын жақсы игеретін қарқынмен жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Ж. А. Қараев өз еңбектерінде атап өткендей, математика формалданған, оның қолданбалы жағы дамымаған, яғни күнделікті өмірге байланысы жоқ, сонымен қатар арғы тегі бір информатикамен пәнаралық байланысы мүлдем жоқ деуге болады деп жазды. Соған сәйкес жоғарыда біз информатика мен математика пәндерінің пәнаралық байланысына арналған “Ықтималдықтар теориясы және математикалық статистика” тарауының, соның ішінде комбинаторикаға арналған есептерді шығару мысалын ұсына отыра, зерттеу тәжірибесін жүргіздік. Зерттеу тәжірибесінің нәтижесі бойынша екі пәнді байланыстыра оқу оқушының үлгеріміне, оның тақырыпты тез әрі түсінікті түрде қабылдауына көмектеседі деген қорытындыға келдік. Осылайша, ақпараттық технологияларды математикаға интеграциялау студенттерге жеке көзқарас жасауға мүмкіндік береді және сол арқылы білім беруді саралауға көмектеседі деп айтуға болады. Жоғарыда

көрсетілген “Біқтималдықтар теориясы мен математикалық статистика” тарауының есептерін Python бағдарламасында салып шығару, бұл сабақтың оқушыға тез әрі қызықты түрде түсунуіне көмектеседі, осындай пәнаралық байланыс орнату мұғалімдер үшін де оқушылар үшін де тиімді болмақ.

### Қорытынды

Жоғарыда айтылғандардан қорытындылай келсек кіріктірілген сабақтардың құрылымы сабақтың әр кезеңіндегі оқу материалының түсініктілігімен, жинақылығымен, логикалық өзара байланыстылығымен, мазмұнының үлкен ақпараттық сыйымдылығымен ерекшеленеді. Кіріктірілген сабақтар түрінде екі немесе одан да көп пәндер үшін ең маңызды мәселелерді ашатын жалпылау сабақтарын өткізген жөн. Кіріктірілген сабақты өткізу үшін ұстаз жан-жақты болуы керек, екі пәннің материалдарын байланыстарын біріктіре алатын сыни-ойлауы дамыған, ақпараттық құзіреттілігі жоғары, сандық сауатты болы тиіс.

Көптеген мұғалімдердің тәжірибесі көрсеткендей, информатика пәні бұл абстрактілі математикалық ұғымдарды көрнекі түрде көрсетуге мүмкіндік беретін білім алушылар үшін қызықты пәндердің бірі. Осылайша, информатика және ақпараттық технологияларды қолдану оқытудың, атап айтқанда, математиканы оқытуда оқушылардың мотивациясын арттырады.

Ақпараттық технологияны әр түрлі түрдегі математика сабақтарында, сондай-ақ сабақтың әртүрлі кезеңдерінде қолдануға болады, дегенмен әр математика сабағын үнемі ақпараттық технологиялар көмегімен өткізу мүмкін емес.

Сонымен, кіріктірілген сабақтарды өткізу арқылы мұғалім пәнаралық байланыстарды орнатып, метапәндік нәтижелерді қалыптастырып қана қоймайды, сонымен қатар оқушылардың математика сабағында алған білімдері мен дағдыларын қолдана білуге үйретеді, бұл олардың ізденімпаздық ерекетін жеңілдетеді, ой-өрісін кеңейтеді және күрделі мәселелерді шешуді жеңілдетеді.

Әрине мектепке алынған білім берілген сабақтың әдістемелігіне байланысты. Жаңа технологияларды қолдану керек деп, дәстүрлі форматты да ұмытуға болмайды. Әр нәрсенің артықшылығы мен кемшілігі болатыны секілді, пәнаралық байланыс арқылы оқытудың да өз кемшіліктері болады. Тек соны болдырмай оқушыға дұрыс бағыт-бағдар беру ұстазға байланысты. Сондықтан да жоғарыда көрсетілген ақпараттарды мұғалім сабақтың мақсатына, міндетіне, тақырыбына сәйкес қолданатын болса, онда оқытудың бұл түрінің артықшылығы артып, тиімді де пайдалы сабақтардың біріне айналады деп ойлаймыз. Сонымен, қазіргі ғылыми білімнің даму тенденцияларын білдіретін ғылымның интеграциясы мен саралануы әртүрлі пәнаралық байланыстардың рөлін күшейтеді. Сабақтарда пәнаралық байланыстарды сауатты пайдалану оқушылардың ұтқырлығын дамыту және дүниетанымын қалыптастыру арқылы олардың дайындық сапасын арттыруға мүмкіндік береді.

### Пайдаланған әдебиеттер тізімі:

- 1 Ақпараттандыру туралы Қазақстан Республикасының Заңы, 2015 жылғы 24 қарашадағы № 418 бұйрық [Электронды ресурс]. URL: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/Z1500000418> (Қаралған күні: 17.06.2022)
- 2 Пинчук И. А., Устинова А. С. Межпредметные связи алгебры и информатики при изучении темы «элементы комбинаторики» в старшей школе // Инновационные подходы к обучению математике в школе и вузе: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Омск, 2021. – 134-139 с.
- 3 Субботкина З. Н. Влияние межпредметных связей и интеграции предметов на процесс подготовки к ЕГЭ по математике // Вестник науки и образования. – 2020. – № 21-1(99). – С. 66-68.
- 4 Трофимова М. Л., Афанасьев А. Е. Применение межпредметных домашних заданий по алгебре для развития математической грамотности обучающихся 9-го класса // Современные наукоемкие технологии. – 2020. – № 6-2. – 392-396 с.
- 5 Керимбаева Р. Қ., Шауенова М. А. Теоретические основы интеграции образования // Вестник КазНПУ имени Абая, серия «Педагогические науки». – 2020. – № 66, 2. – 55–60 с.
- 6 Бычкова Д.Д. Методическая система обучения математике и информатике в условиях реализации межпредметных связей в педагогическом вузе: на примере дисциплин "Элементы теории вероятностей и статистики" и "Компьютерное моделирование" // автореферат диссертации. – 2009. – 227 с.
- 7 Абубакарова Х. М., Абубакарова Э. М. Интеграция математики и информатики в образовательном процессе // Миллионщиков - 2019: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 100-летию ГГНТУ. – Грозный: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени М.Д. Миллионщикова, 2019. – 54-56 с.

8 Кокажаева А.Б., Жексембинова А.Б., Мухаметказыева Е.А. Математиканы басқа пәндермен интеграциялап оқыту әдістемесі // Торайғыров университетінің Хабаршысы, Педагогикалық сериясы. – 2021. – № 3. – 84 б.

9 Пестова М. С. Информационные технологии при изучении теории вероятностей // Концепт. – 2013. – № 1 (17). – 62-70 с.

10 Берикханова Г. Е. Ықтималдықтар теориясы мен математикалық статистиканың әр саладағы алатын орны мен ролі // Семей қаласының Шәкәрім атындағы мемлекеттік университетінің хабаршысы. – 2011. – 67 б.

11 Кайынбаева Ж. Б., Шуақиев М., Косанов Б. Теория вероятностей и математическая статистика в задачах ЕНТ // Сборники конференций НИЦ Социосфера. – 2019. – № 30. – 70-80 с.

12 "Жалпы білім беру ұйымдарына арналған жалпы білім беретін пәндердің, таңдау курстарының және факультативтердің үлгілік оқу бағдарламаларын бекіту туралы" Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрінің 2013 жылғы 3 сәуірдегі № 115 бұйрығына өзгерістер енгізу туралы Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрінің 2018 жылғы 17 қазандағы № 576 бұйрығы [Электронды ресурс] URL: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/Z1500000418> (Қаралған күні: 12.06.2022)

13 Шыныбеков Ә. Н., Шыныбеков Д. Ә., Жұмабаев Р. Н. Алгебра: жалпы білім беретін мектептің 7 - сыныбына арналған оқулық: оқу құралы – Алматы: Атамұра. – 2017. – 118-131 б.

14 Шыныбеков Ә. Н., Шыныбеков Д. Ә., Жұмабаев Р. Н. Алгебра: жалпы білім беретін мектептің 8 - сыныбына арналған оқулық: оқу құралы – Алматы: Атамұра. – 2018. – 118-128 б.

15 Әбілқасымова А. Е., Кучер Т. П., Корчевский В. Е., Жұмығұлова З. Ә. Алгебра: жалпы орта білім беретін мектептің 9-сыныбына арналған оқулық 1-бөлім: оқу құралы – Алматы: Мектеп. – 2019. – 73 - 98 б.

16 Әбілқасымова А. Е., Кучер Т. П., Корчевский В. Е., Жұмағұлова З. Ә. Алгебра: жалпы орта білім беретін мектептің жаратылыстану-математика бағытындағы 10 - сыныбына арналған оқулық 1-бөлім: оқу құралы – Алматы: Мектеп. – 2019. – 76 - 214 б.

17 Шыныбеков Ә. Н., Шыныбеков Д. Ә., Жұмабаев Р. Н. Алгебра және анализ бастамалары: жалпы орта білім беретін мектептің жаратылыстану-математика бағытындағы 11-сыныбына арналған оқулық: оқу құралы – Алматы: Атамұра. – 2020. – 74 - 95 б.

18 Турушева Ю. В. Актуальность интеграции математики и информатики в системе общего среднего образования // Эвристическое обучение математике: Материалы IV Международной научно-методической конференции. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2018. – 269-272 с.

19 Киричек К. А. Оленев А. А. Обучение бакалавров педагогического образования элементам комбинаторики с использованием информационных технологий // Мир науки. Педагогика и психология. №3. – Т.7. – 2019. – 9 с.

20 Сыдықов А. А., Исақова А. Қ., Слямова М. С. Математикадан типтік есептер шығару әдістемесі-2 : Оқу құралы – Алматы: Қыздар университеті. – 2016. – 130 б.

21 Алғысов А. Қ. Ықтималдықтар теориясы және математикалық статистика элементтері : Оқу құралы – Павлодар, 2011. – 18 б.

22 Шыныбеков Ә. Н., Шыныбеков Д. Ә., Жұмабаев Р. Н. Алгебра: жалпы білім беретін мектептің 9 - сыныбына арналған оқулық : Оқу құралы – Алматы: Атамұра. – 2019. 57-58 б.

23 Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрінің 2022 жылғы 9 ақпандағы № 42 бұйрығы [Электронды ресурс]. – URL: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/V2200026774> (Қаралған күні: 19.06.2022)

#### References:

1 Akparatandyru turaly Kazakstan Respublikasynyn Zany, 2015 zhylgy 24 karashadagy no. 418 buiryk [Law of the Republic of Kazakhstan on informatization]. URL: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/Z1500000418> (in Kazakh)

2 Pinchuk I. A., Ustinova A. S.(2021) Mezhpredmetnye svyazi algebrы i informatiki pri izuchenii temы «elementy kombinatoriki» v starshei shkole [Interdisciplinary connections between algebra and computer science when studying the topic “elements of combinatorics” in high school]. Innovatsionnye podkhody k obucheniiu matematike v shkole i vuze: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. – Omsk. 134-139 (in Russian)

3 Subbotkina Z. N.(2020) Vliianie mezhpredmetnykh svyazei i integratsii predmetov na protsess podgotovki k EGE po matematike [Influence of interdisciplinary connections and integration of subjects on the process of preparation for the Unified State Exam in mathematics]. Vestnik nauki i obrazovaniia. no. 21-1(99). 66-68. (in Russian)

4 Trofimova M. L., Afanasev A. E. (2020) Primenenie mezhpredmetnykh domashnikh zadaniy po algebre dlia razvitiia matematicheskoi gramotnosti obuchaiushchikhsia 9-go klassa [Application of interdisciplinary algebra homework for the development of mathematical literacy of 9th grade students]. Sovremennye naukoemkie tekhnologii. no. 6-2. 392-396 (in Russian)

5 Kerimbaeva R. K., Shauenova M. A. (2020) Teoreticheskie osnovы integratsii obrazovaniya [Theoretical foundations of education integration]. Vestnik KazNPU imeni Abaya, seriya «Pedagogicheskie nauki». no. 66-2. 55–60 (in Russian)

6 Bychkova D. D. (2009) Metodicheskaya sistema obucheniya matematike i informatike v usloviyah realizatsii mezhpredmetnykh svyazey v pedagogicheskom vuze: na primere disiplin "Elementy teorii veroyatnostey i statistiki" i "Komp'yuternoe modelirovanie" [Methodical system of teaching mathematics and computer science in the context of the

implementation of interdisciplinary connections in a pedagogical university: on the example of the disciplines "Elements of probability theory and statistics" and "Computer modeling"]. avtoreferat dissertacii. 227 (in Russian)

7 Abubakarova Kh. M., Abubakarova E. M. (2019) Integratsiia matematiki i informatiki v obrazovatelnom protsesse [Integration of mathematics and computer science into the educational process]. Millionshchikov - 2019: Materialy II Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, posviashchennoi 100-letiiu GGNTU. – Groznyi: Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego professionalnogo obrazovaniya «Grozniiskii gosudarstvennyi neftyanoi tekhnicheskii universitet imeni M.D. Millionshchikova, 54-56 (in Russian)

8 Kokazhaeva A. B., Zhekseminova A. B., Mukhametkazyeva E. A (2021). Matematikany baska pandermen integratsiialap okytu adistemesi [Methods of teaching mathematics in integration with other subjects]. Toraigyrov universitetinin Khabarshysy, Pedagogikalyk seriiasy. no. 3. 84 (in Kazakh)

9 Pestova M. S. (2013) Informacionnye tekhnologii pri izuchenii teorii veroyatnostej [Information technologies in the study of probability theory]. Koncept. no.1 (17). 62-70 (in Russian)

10 Berikkhanova G. E. (2011) Yktimaldyktar teoriyasy men matematikalyk statistikany ar saladazy alatyn orny men roli. [The place and role of probability theory and mathematical statistics in different fields.] Semei kalasynyn SHakarim atyndagy memlekettik universitetinin habarshysy. 67 (in Kazakh)

11 Kaibnbaeva, Zh. B., Shuakaev M., Kocanov B. (2019) Teoriia veroyatnostey i matematicheskaya statistika v zadachakh ent [Probability theory and mathematical statistics in UNT tasks]. Sborniki konferentsii NITs Sotsiosfera.no. 30. 70-80 (in Russian)

12 "Zhalpy bilim beru uymdaryna arnalgan zhalpy bilim беретin panderdin, tandau kurstarynyn zhane fakultativterdin ulgilik oku bagdarlamalaryn bekitu turaly "Kazakstan Respublikasy Bilim zhane gylim ministrinin 2013 zhylygy 3 sauirdegi № 115 buirygyna ozgerister engizu turaly Kazakstan Respublikasy Bilim zhane gylim ministrinin 2018 zhylygy 17 kazandagy № 576 buirygy [Order of the minister of education and science of the republic of Kazakhstan from October 17, 2018 of No. 576 About modification of the order of the Minister of Education and Science of the Republic of Kazakhstan from April 3, 2013]. URL: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/Z1500000418> (in Kazakh)

13 Shynybekov A.N., Shynybekov D.A., Zhumabaev R.N. (2017) Algebra: zhalpy bilim беретin mekteptin 7 - synybyna arnalgan okulyk [Algebra: textbook for the 7th grade of a general education school: study guide]. Almaty: Atamura. 118-131 (in Kazakh)

14 Shynybekov A. N., Shynybekov D. A., Zhumabaev R. N. (2018) Algebra: zhalpy bilim беретin mekteptin 8 - synybyna arnalgan okulyk. [Algebra: a textbook for the 8th grade of a general education school]. Almaty: Atamura. 118-128 (in Kazakh)

15 Abilkasymova A. E., Kucher T. P., Korchevskii V. E., Zhumygulova Z. A. (2019) Algebra: zhalpy orta bilim беретin mekteptin 9-synybyna arnalgan okulyk 1-bolim. [Algebra: a textbook for the 9th grade of a general secondary school, part 1]. Almaty: Mektep. 73 - 98 (in Kazakh)

16 Abilkasymova A. E., Kucher T. P., Korchevskii V. E., Zhumygulova Z. A. (2019) Algebra: zhalpy orta bilim беретin mekteptin zharatylystanu-matematika bagytyndagy 10 - synybyna arnalgan okulyk 1-bolim. [Algebra: a textbook for the 10th grade of a general secondary school in the direction of science and mathematics, part 1]. Almaty: Mektep. 76 - 214 (in Kazakh).

17 Shynybekov A. N., Shynybekov D. A., Zhumabaev R. N. (2020) Algebra zhane analiz bastamalary: zhalpy orta bilim беретin mekteptin zharatylystanu-matematika bagytyndagy 11-synybyna arnalgan okulyk. [Algebra zhane analiz bastamalary: zhalpy orta bilim беретin mekteptin zharatylystanu-matematika bagytyndagy 11-synybyna arnalgan okulyk: oqu qyrals]. Almaty: Atamura. 74 – 95 (in Kazakh)

18 Turusheva Iu. V. (2018) Aktualnost integratsii matematiki i informatiki v sisteme obshchego srednego obrazovaniia. [Relevance of the integration of mathematics and computer science in the system of general secondary education]. Jevristicheskoe obuchenie matematike: Materialy IV Mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoy konferentsii. Doneck: Doneckij nacional'nyj universitet, 269-272 (in Kazakh)

19 Kirichek K. A., Olenev A. A. (2019) Obuchenie bakalavrov pedagogicheskogo obrazovaniia elementam kombinatoriki s ispolzovaniem informatsionnykh tekhnologii. [Teaching bachelors of pedagogical education to elements of combinatorics with the use of information technologies]. Mir nauki. Pedagogika i psihologiya. no.3. T.7.2 (in Russian).

20 Sydykov A. A., Iskakova A. K., Sliamova M. S. (2016) Matematikadan tiptik esepter shygaru adistemesi-2. [Methodology of solving typical mathematics problems-2]. Almaty: Kyzdar universiteti, 130 (in Kazakh)

21 Alpysov A. K. (2011) Yktimaldyktar teoriiasy zhane matematikalyk statistika elementteri. [Elements of probability theory and mathematical statistics]. Pavlodar, 18 (in Kazakh).

22 Shynybekov A. N., Shynybekov D. A., Zhumabaev R. N. (2019) Algebra: zhalpy bilim беретin mekteptin 9-synybyna arnalgan okulyk. [Algebra: a textbook for the 9th grade of a general education school]. Almaty: Atamura, 57-58 (in Kazakh).

23 Kazakstan Respublikasy Bilim zhane gylim ministrinin 2022 zhylygy 9 akpandagy no. 42 buirygy [Of the Minister of Education and Science of the Republic of Kazakhstan dated February 9, 2022]. URL: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/V2200026774>. (Qaralzan kyini: 19.06.2022) (in Kazakh).

Г.О. Сейтбекова<sup>1\*</sup>, А.Б. Кокажаева<sup>1</sup>, Г.М. Әмірзақова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Қазақ Ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан  
\*e-mail: sgulzhan25@mail.ru

## МЕКТЕП ГЕОМЕТРИЯ КУРСЫНДАҒЫ ЕСЕПТЕРДІҢ БЕРІЛУ ШАРТЫН ЖӘНЕ ШЕШІМІН ЗЕРТТЕУ

### Аңдатпа

Мақалада мектеп геометрия курсынағы есептердің берілу шартын және шешімін зерттеу процесінің өзектілігі мен қазіргі білім беру жүйесінде оқушылардың ойлау дағдыларын дұрыс қалыптастырудың практикалық маңыздылығы туралы баяндалған. Мақалада геометриялық есептерді шешудегі басты ерекшелік – оқушы өз назарын есептің берілуіне аудара отырып, оның берілу шартының дұрыс немесе бұрыс екендігін аңғара білу дағдыларын қалыптастырудың қажеттілігі қарастырылады. Мектеп геометрия курсынағы есептерді нақты және дұрыс шеше білу арқылы оқушылардың логикалық ойлау, тұжырымдамалық ойлау дағдылары тез дамиды. Геометриялық есептердің мәтіні анық немесе толық берілмеуінен оқушылардың басым көпшілігі ҰБТ кезінде тест сұрақтарынан төмен нәтиже алды, оның мысалы ретінде бірнеше тест есептері келтіріліп, белгісіздіктердің себептері көрсетілген. Мақаланы талдау кезінде мектеп геометрия курстарынағы есеп шартының анық берілмеуінің маңызды жағдайлары қарастырылып, қорытынды бөлімінде болашақта осы қарастырылған олқылықтардың алдын алу туралы қысқаша нұсқаулық берілген.

**Түйін сөздер:** білім беру жүйесі, мектеп геометрия курсы, есеп шарты, заманауи технология, схемалық жазба, есептің құрылымы.

### Аннотация

Г.О. Сейтбекова<sup>1</sup>, А.Б. Кокажаева<sup>1</sup>, Г.М. Әмірзақова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казахский Национальный женский педагогический университет, г. Алматы, Казахстан

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЯ И РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ШКОЛЬНОГО КУРСА ГЕОМЕТРИИ

Статья посвящена изучению актуальности процесса анализа условия и решения геометрических задач по формированию навыков мышления учащихся в современной системе образования. В статье рассматриваются вопросы формирования у учащихся навыков определения корректности или некорректности данной задачи при знакомстве с ее условием, что является важной особенностью для успешного решения геометрических задач. Умение четко и правильно решать задачи школьного курса геометрии способствует быстрому развитию у учащихся навыков логического и концептуального мышления. Приведены примеры тестовых заданий с некорректным или неполным условием задач, в результате чего определенное количество учащихся по результатам ЕНТ получают низкие баллы. Также в статье проанализированы встречающиеся в школьных учебниках геометрии задачи с неполным условием; в заключение дается краткое руководство по предотвращению таких пробелов в будущем.

**Ключевые слова:** система образования, школьный курс геометрии, условие задачи, современные технологии, схематическая запись, структура задачи.

### Abstract

## STUDYING THE CONDITIONS AND SOLVING PROBLEMS OF THE SCHOOL GEOMETRY COURSE

Seitbekova G.O.<sup>1</sup>, Kokazhaeva A.B.<sup>2</sup>, Omurzhanova G.M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kazakh National Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan

The article tells about the relevance of the process of studying the conditions and solving problems of the school course of geometry and the practical importance of the correct formation of students' thinking skills in the modern education system. The article discusses the main feature of solving geometric problems - the need to form the student's skills of realizing the correctness or incorrectness of the condition of its transfer, paying attention to the representation of the problem. Due to the ability to clearly and correctly solve problems of the school course of geometry, students quickly develop skills of logical thinking, conceptual thinking. Due to incorrect or incomplete presentation of the text of geometry problems, the vast majority of students during UNT received results below the number of test questions, an example of which is several test problems with the reasons for uncertainties. The article analyzes the most important cases when school geometry courses do not provide a complete and correct description of a problem and concludes with a brief guide to prevent such gaps in the future.

**Keywords:** education system, school geometry course, problem condition, modern technologies, schematic notation, problem structure.

Қазіргі кезде білім беру жүйесі оқушыға ерекше көңіл аударуды талап етумен сипатталады. Оқушының өзін-өзі тануына, қоршаған әлемге және өзіне деген қарым-қатынасына, өмірдегі өз орнын іздеп табу қабілетіне ерекше көңіл бөлінуде. Білім адам санасына қоршаған ортаның бейнелі жүйесін қалыптастыруды қамтитын ұғымдар, пайымдаулар, тұжырымдар арқылы беріледі. Сондықтан адамның білім алуының маңызды шарты оның ғылыми жүйені құруы және игеруі болып табылады.

Адамзаттың ақыл ой дамуы ескі түсінікті қайта қарау және жаңа ұғымдарды қалыптастыру қабілетіне байланысты дамиды. Жақсы білім алудың мәні - адам қоршаған орта жүйесін жай ғана ұғымдар, пайымдаулар мен тұжырымдар арқылы меңгеріп қана қоймай, сонымен қатар ғылыми тұрғыда шығармашылық ізденіске қабілетті болу. Осы айтылған ғылыми ізденістер үшін қолайлы пәндердің бірі - математика болып табылады. Математиканы терең түсініп, геометриялық есептерді еркін шығара білу оқушылардың функционалдық сауаттылықтарын арттыруға ықпал етеді.

Оқушылардың математикалық сауаттылықтарын қалыптастырудың негізгі құралы ретінде оларға тапсырмалар беріліп, орындау талап етіледі. Кез-келген есепті өз күшімен шешу үрдісі оқушыны жігерлендіреді және ынталандырады. Мұндай эмоциялар оқушылардың ақыл-ой жұмысын жандандырады және өмір бойы олардың дұрыс ойлана алуы мен көркем мінезді болып қалыптасуына әсерін тигізеді.

*Зерттеу мақсаты:* Мектеп геометрия курсындағы есептердің берілу шартын және шешімін зерттеу арқылы оқушылардың логикалық ойлауын дамыту және теориялық білімдерін практикалық тұрғыда әртүрлі өмірлік мәселелерді шешу үшін тиімді пайдалану дағдыларын қалыптастыру.

Мектеп геометрия курсындағы есептерді шешу оқушылар іс-әрекетінің ең қиын бөлігі және математиканы оқытып, үйрету оқу үдерісіндегі ең маңызды кезең болып табылады [1].

Геометрия есептерін шешудің жолын іздеуді оқыту мәселесін зерттеудің *өзектілігі* білім беруді ізгілендірудің қазіргі тенденциясымен анықталады, оның негізгі бағыты оқушылардың жеке басының жан-жақты дамуына бағытталған. Бұл тұжырымдама білім беру процесінде оқушылардың өзін-өзі дамыту, өзін-өзі анықтау және белсендіру үшін жағдай жасауға бағытталған оқытудың жаңа аспектілерін ашады. Осыған байланысты мектеп оқушыларын геометриялық есептерді шешудің жолын іздеуге үйрету ерекше маңызды.

### **Зерттеу материалдары және әдістері**

Оқушыларды математикадан функционалдық сауаттылыққа оқытудың басты себебі математикалық білімді игеріп, әр түрлі жағдайларда ұғымдарды, теоремаларды, тәуелділіктерді қолдана отырып, есептерді шешу ғана емес, сондай-ақ теориялық білімдерін болашақта практикалық іс-әрекетте туындаған әртүрлі өмірлік мәселелерді шешу үшін тиімді пайдалана алуға үйрету.

Психология бойынша, дидактикада тапсырмаға анықтама беру әрекеті белгілі. Мұндағы ең қолайлысы Л.Л. Гуров берген анықтама: «Тапсырма - кейбір практикалық түрлендіруді немесе олардың элементтерінің арасындағы белгілілер мен белгісіздердің байланыстарын (қатынастарды) ашуға мүмкіндік беретін шарттарды тікелей іздеп табу арқылы теориялық сұраққа жауап беруді талап ететін ақыл-ой әрекетінің объектісі» [2].

*Зерттеудің әдістері:* бақылау, өзара пікір алмасу; сауалнама жүргізу; талдау, тест.

Геометриялық есептерді шешу – бұл біршама күрделі жұмыс, атап айтқанда ақыл-ой жұмысы. Оқушыларды есептерді шешуге үйрету үшін есептің берілгенін дұрыс қабылдап, түсіну, оны шешу жолын ненден бастау керектігін, қандай құрамдас бөліктерден тұратынын, есептерді шешудің қандай құралдары бар екенін талдауға көмектесу керек [3,4].

Геометриялық есеп – бұл оқушылардан ақыл-ой және практикалық әрекеттерді талап ететін күрделі мәселе. Дәстүрлі есептерді шешу жолдары белгілі болғанымен, оқушылардың есептерді шешудегі іс-әрекетін ұйымдастыру оларды терең және берік біліммен қамтамасыз ету шарттарының бірі болып табылады.

Геометриялық есепті шешу дегеніміз – математиканың жалпы ережелерінің (анықтамалар, аксиомалар, теоремалар, ережелер, заңдар, формулалар) реттілігін табу, сол реттілік жүйесін есептің шарттарына немесе олардың салдарына қолдана отырып, оқушы есепте талап етілген сұраққа жауап алу.

Есептерді қарапайым шарттары мен талаптары арасындағы байланысы бойынша келесі түрлерге бөлуге болады: 1) анықталған; 2) анықталмаған; 3) қайта анықталған.

Егер тапсырмада бір негізгі объект болса, ал қалғандары оның бөліктері (элементтері) болып табылса, онда келесідей жағдайлар болуы мүмкін: а) есептің шарты жалғыз объектіні анықтайды; б)

есептің шарты бірнеше әр түрлі негізгі объектілерді анықтайды; в) есептің шарты шексіз көп негізгі объектілерді анықтайды; з) есептің шарттары ешқандай негізгі объектілерді анықтамайды [5].

Өздеріңіз білетіндей геометриялық есептерді шешу процесі келесі негізгі кезеңдерден тұрады: 1. Есепті талдау. 2. Шарттардың схемалық жазбасы. 3. Есепті шешудің жолын табу. 4. Шешу әдісін жүзеге асыру. 5. Табылған шешімді тексеру. 6. Тапсырма мен табылған шешімді зерттеу. 7. Есептің жауабын тұжырымдау. 8. Есеппен оның шешіміне оқу-танымдық талдау жасау.

Есеп шешімінің жоғарыда аталған кезеңдерінің ішінен 1, 3, 4, 5 және 7-ші кезеңдерді міндетті деп, ал 8-шісі ерекше кезең деп есептеп оны ең маңызды типтік есептерге қолданады. Есептерді шешуді зерттеудің 6-шы кезеңін басқаша есептің *толықтығын зерттеу* кезеңі деп те атайды. Кейбір геометриялық есептердің берілуінде назар аударуға тұрарлық мәселе жоқ, оның мазмұнында белгілі бір тапсырмалардың бір немесе бірнеше негізгі объект берілуі мүмкін [6].

«Есеп шартында белгісіздікті қамтитын тапсырма» терминін кез келген жағдайға қолдана бермей, есеп шартын қанағаттандыратын бірнеше конфигурация болған кезде, әсіресе конфигурацияның ізделінді элементтері әр түрлі болғанда қолданған дұрыс. Мысалы, егер  $a$  бұрышына қарсы жатқан қабырғасы  $a$  болатын үшбұрышқа сырттай сызылған шеңбердің радиусын табу қажет болса, онда барлық конфигурацияға сәйкес ізделінді радиус бірдей мәнге ие болады және радиус біржақты анықталады. Ал мұндай есепті ұсынылған терминмен атауға келмейді. Бұл терминді салу есептеріне қолдану орынды емес.

Салу есептерінің шартында берілген конфигурация элементтері талап етілетін конфигурациялардың барлық жиынын сипаттауға мүмкіндік береді. Мұндай конфигурациялардың санының жалғыздығы, шектілігі немесе шексіздігі есептің қойылымы тұрғысынан маңызды емес [7].

Осылайша, есеп шартында белгісіздікті қамтитын тапсырмалар оқушының зерттеу қызметін дамытудың құралы бола алады. Мектеп геометрия курсына есептер спектріне осындай есептерді қосу математиканы оқытудың тиімділігін арттырады. Мектеп геометрия курсының есептерінде есеп шартын түсінуді күрделендіретін фигуралардың мұндай сипаттамалары сирек ұсынылады. Фигуралардың жеке элементтерінің сипаттамалары оқушылардан оның мазмұнына мұқият қарауды талап етеді, өйткені берілген есептің құрамы қойылған сұраққа сәйкес келмейді [8]. Сондықтан, есеп шартындағы деректердің толық берілмеуіне байланысты оның сұрағына нақты жауап беру мүмкін емес. Сонымен қатар, геометриялық есептердің берілу шарты толық болмаған жағдайда, келесі түрдегідей келеңсіздік туындайды: біріншіден, қажетті деректерді нақты, толық айтылмағандықтан дұрыс шешімі болмайды, екіншіден нақты жауаптары белгісіз яғни, бірнеше жауаптары болады.

Оқушы есептің формальды құрылымын толық түсініп, есептің барлық объектілерін өзара байланыстыра алғанда ғана, берілген есеп шартындағы жетіспейтін деректерін көрсете алады.

Әдетте, шарты белгісіз болған есепті шешу *анықталмаған* жауаппен аяқталады, онда қажетті ізделінді шама кейбір сандық жиынның мәндерін қабылдай алады. Бұл жиынды анықтау осындай есепті шешудің мақсаты болуы керек, оған есепті талдау және шешуді зерттеу сияқты мәселелерді қарастыру кезеңдері арқылы қол жеткізіледі.

*Жоспарланған нәтиже:* тапсырманың шартын талдау, тапсырманың түрін анықтау, есептің шешу барысын болжау, ұқсастықтарды белгілеу, есептің шешімін зерттеу.

*Осы нәтижеге қол жеткізуді сипаттайтын дағдылар:* тапсырманың шарты мен талабын ажырата білу, тапсырмадағы элементтер арасындағы барлық қатынастарды, яғни, әр элементтің сипатын анықтау және белгілеу, тапсырма талабын орындау үшін жеткілікті шарттарды бөліп көрсете алу, тапсырманың шешімін зерттеуді орындай алу.

### Нәтижелері

Жоғарыда келтірілген есеп шартындағы олқылықтарды дәлелдеу мақсатында бірнеше мысалдар қарастырайық.

*1-мысал:* 7-сыныптағы геометрия пәні, тақырыбы: «Шеңбер».

*Есеп:* Екі шеңбер берілген, олардың бірінің радиусы 4 см, центрлерінің арақашықтығы 11 см. Осы шеңберлер қиылысады ма?

*Шешуі:*  $r_1$  см бірінші шеңбердің радиусы, ал  $r_2$  см екінші шеңбердің радиусы болсын. Егер  $r_1 + r_2 < 11$  болса, онда шеңберлер қиылыспайды, егер  $r_1 + r_2 \geq 11$  болса, онда шеңберлер қиылысады. Яғни, есепті шешу үшін екінші шеңбердің радиусын білу керек, алайда ол есеп шартында берілмеген.

*2-мысал:* 9-сыныптағы геометрия пәні, тақырыбы: «Параллелограмның ауданы»



*Есеп:* Параллелограмның қабырғалары 4 см және 5 см, ал биіктігі 3 см. Параллелограмның ауданын тап.

*Шешуі:* Берілген есептегі белгісіз жағдай параллелограмның биіктігі қай қабырғасына жүргізілгені көрсетілмегендігінде болып тұр, бұл есепте оқушылар екі түрлі жағдайды қарастырып әртүрлі екі жауап алулары мүмкін, яғни екі жағдай үшін де есептің шешімі бар. Жауабы:  $12 \text{ см}^2$  немесе  $15 \text{ см}^2$ .

**3-мысал:** 2022 жылы ұлттық бірыңғай тестілеуде келген есеп: Тең бүйірлі үшбұрыштың қабырғалары 5 см және 10 см. Үшбұрыштың периметрін табыңыз.

*Шешуі:* Бұл есептің шартындағы анықталмай тұрған мәселе үшбұрыштың бүйір қабырғасының ұзындығы 5 см ме, әлде 10 см ме деген белгісіздік пайда болады. Үшбұрыштың әрбір қабырғасы өзге қабырғаларының қосындысынан кіші болады, яғни  $a < b + c$  болатыны ескерсек, үшбұрыштың бүйір қабырғалары 5 см, 5 см –ден бола алмайды. Яғни, есепті шешу үшін бүйір қабырғаларын 10 см, 10 см-ден, табаны 5 см деп алып, периметрі 25 см екенін анықтаймыз.

**4-мысал:** 2022 жылы ұлттық бірыңғай тестілеуде келген есеп: Қабырғалары 2 дм болатын кубтың қырлары мен төртбұрышты пирамида салынған. Оның сыртын қағазбен орасақ, ауданын тап ( $S = 20 + 4\sqrt{3}$ ).

*Шешуі:* Есеп шартында біріншіден, қабырғалары 2 дм болатын куб пен төртбұрышты пирамиданың қалай орналасқаны және төртбұрышты пирамиданың элементтері белгісіз. Екіншіден, оның сыртын қағазбен орасақ, ауданын тап деп сұрақ қояды да, жауабын ( $S = 20 + 4\sqrt{3}$ ) деп көрсетіп қойған, яғни сұраққа жауап беріліп тұр. Енді осы есептің шартын толық түсіну үшін оны келесі түрде зерттеп көрейік.

*1-жағдай.* Егер қабырғалары 2 дм болатын куб пен төртбұрышты пирамиданы жеке-жеке бірінің қасында бірі тұр деп қарастырсақ, онда кубты орайтын қағаз ауданы кубтың толық бетінің ауданына  $S_{\text{Тб}} = 6a^2$  тең болу керек, олай болса  $S_{\text{Тб}} = 6 \cdot 2^2 = 24 \text{ дм}^2$ . Ал төртбұрышты пирамиданың элементтері белгісіз болғандықтан, оны орайтын қағаз ауданын таба алмаймыз. Есеп аяқталмай қалады.

*2-жағдай.* Егер қабырғалары 2 дм болатын кубтың бір жағының қырлары дұрыс төртбұрышты пирамиданың табанының қабырғалары болатындай бір-біріне жабысып орналасқан деп қарастырсақ, онда оларды орайтын қағаз ауданын табу үшін кубтың бір жағы мен дұрыс төртбұрышты пирамида табаны бірігіп тұрғандықтан кубтың бес жағының ауданы мен төртбұрышты пирамиданың бүйір бетінің ауданының қосындысын табамыз. Сонда, кубтың бес жағының ауданы  $5a^2 = 5 \cdot 2^2 = 20 \text{ дм}^2$ , ал төртбұрышты пирамиданың бүйір бетінің ауданын табу үшін төртбұрышты пирамиданың 4 жағы тең 4 тең бүйірлі үшбұрыштан тұрады, сонда  $S = 4 \cdot S_{\Delta}$ , ал бізге тең бүйірлі үшбұрыштың бүйір қабырғасы берілмей тұр, яғни белгісіз. Сондықтан, оны орайтын қағаз ауданын таба алмаймыз. Есеп тағы аяқталмай қалады.

*3-жағдай.* Егер қабырғалары 2 дм болатын кубтың бір жағының қырлары дұрыс төртбұрышты пирамиданың табанының қабырғалары болатындай бір-біріне жабысып орналасқан деп қарастырсақ, онда оларды орайтын қағаз ауданын табу үшін кубтың бір жағы мен дұрыс төртбұрышты пирамида табаны бірігіп тұрғандықтан кубтың бес жағының ауданы мен дұрыс төртбұрышты пирамиданың бүйір бетінің ауданының қосындысын табамыз. Сонда, кубтың бес жағының ауданы  $5a^2 = 5 \cdot 2^2 = 20 \text{ дм}^2$ , ал дұрыс төртбұрышты пирамиданың бүйір бетінің ауданын табу үшін дұрыс төртбұрышты пирамиданың 4 жағы да тең қабырғалы үшбұрыш болғандықтан  $S = 4 \cdot S_{\Delta_{\text{ТК}}} = 4 \cdot \frac{a^2\sqrt{3}}{4} = 2^2 \cdot \sqrt{3} = 4\sqrt{3} \text{ дм}^2$ . Енді табылған аудандарды қоссақ  $S = 20 + 4\sqrt{3}$  шығады. Бұл есеп шартындағы жауабымен сәйкес келді. Олай болса, есеп шартын төмендегідей екі жағдайда дұрыс беруге болады:

1. Қабырғалары 2 дм болатын кубтың бір жағының қырлары дұрыс төртбұрышты пирамиданың табанының қабырғалары болатындай фигураның сыртын орайтын қағаздың ауданын табыңыз.

2. Қырлары 2 дм болатын куб пен дұрыс төртбұрышты пирамида салынған. Олардың сыртын ауданы  $S = 20 + 4\sqrt{3}$  болатын қағазбен орау үшін куб пен дұрыс төртбұрышты пирамида қалай орналасқан.

### Талқылау

Сонымен мектеп геометрия курстарындағы есеп шартының анық берілмеуінің маңызды жағдайлары мыналар болуы мүмкін:

1. Егер есепте бұрышқа байланысты үшбұрыштың түрі көрсетілмесе, онда сүйір бұрышты үшбұрыштар, тікбұрышты үшбұрыштар және доғал бұрышты үшбұрыштар үшін жауап әр түрлі болуы мүмкін.

2. Есепті шешу барысында белгісіздік оны шешудің кейбір тәсілдерін қолданған кезде пайда болуы мүмкін. Мысалы, көптеген есептерде үшбұрыштың бұрышының синусын табу қолданылады. Бірақ  $\sin \alpha = \sin(180^\circ - \alpha)$ , яғни бұрыштың синусын табу бұрыштың өзін нақты анықтауға мүмкіндік бермейді, ол доғал немесе сүйір болуы мүмкін. Сонымен, үшбұрыштың түріне байланысты бірнеше жағдайды қарастыруға болады. Үшбұрышқа сырттай сызылған шеңбердің центрін бейнелеу де белгісіздікке әкелуі мүмкін. Есептің шартында үшбұрышқа сырттай шеңбер салынғаны туралы айтылады, бірақ берілген үшбұрышқа қатысты сырттай сызылған шеңбердің центрінің орналасу орны көрсетілмеген. Сондықтан үшбұрыштың түрі сырттай сызылған шеңбердің центрінің қайда жататынын анықтайды:

1) Егер үшбұрыш сүйір бұрышты болса, онда оған сырттай сызылған шеңбердің центрі үшбұрыштың ішінде жатады;

2) Егер үшбұрыш доғал бұрышты болса, онда оған сырттай сызылған шеңбердің центрі үшбұрыштың сыртында жатады;

3) Егер үшбұрыш тікбұрышты үшбұрыш болса, онда оған сырттай сызылған шеңбердің центрі үшбұрыштың қабырғасында (гипотенузада) жатады [9].

Кейбір есептерде үшбұрыштың екі қабырғасы мен үшінші қабырғаға түсірілген биіктігі беріледі, бірақ биіктік табаны қай қабырғада орналасқанын көрсетпейді. Үшбұрыштың биіктігінің табанының орналасуына байланысты үшбұрыштың түрі әр түрлі анықталады.

3. Есеп шартына сай есеп шешімдерінің түсініксіздігі берілген есеп шартын қанағаттандыратын кез-келген бұрышты ерікті түрде таңдағанда пайда болуы мүмкін. Мысалы, егер үшбұрыштың биссектрисалары немесе медианалары оның қабырғаларымен жасайтын бұрыштарының шамасы әр түрлі болатын болса, онда пайда болған бұрыштардың әрқайсысын қарастыру керек.

4. Есептің шарты мен шешімінің анық болмауы берілген есептің шартын қанағаттандыратын берілген немесе ізделінді нүктелерді ерікті түрде кез-келген жерден таңдап алуға байланысты туындауы мүмкін. Көбінесе нүкте сегментте немесе сегменттен тыс жатқан жағдайларды қарастыруға тура келеді. Нүкте кейбір фигураға жатуы немесе жатпауы мүмкін және т. б.

5. Есептің шарты мен шешімінің анық еместігі есептің шартын қанағаттандыратын аттас сызықтық элементтерді ерікті түрде таңдағанда пайда болуы мүмкін. Мысалы, егер есепте ромбының диагонали қарастырылу керек, бірақ қайсысы диагонал екені нақты (үлкен немесе кіші) көрсетілмесе, онда диагональдардың әрқайсысын қарастыру керек, әйтпесе нәтижесінде тапсырманың жауабында түсініксіздік пайда болуы мүмкін.

6. Шешімнің анық еместігі берілген фигураның бір немесе бірнеше нүктелерінің белгілі бір жазықтығына ортогональды проекциясының әртүрлі орналасуына байланысты туындауы мүмкін.

Мысалы: егер тетраэдрдің бүйір жақтары табан жазықтығымен бірдей бұрыштар жасаса, онда бұл тетраэдрдің төбесінің проекциясы табан жазықтығына іштей сызылған шеңбердің центрінде жатады, ал егер табанындағы екі жақты бұрыштары тең болмаса, онда бұл тетраэдрдің төбесінің проекциясы табан жазықтығына іштей сызылған шеңбердің центрінен тыс жерде жатуы мүмкін. Сондай-ақ, шарттар мен шешімдердің анық еместігі бірнеше шеңберлер, сфералар туралы есептерде де туындауы мүмкін, шеңберлердің бір-біріне қатысты әртүрлі орналасуы нәтижесінде белгісіздік пайда болуы мүмкін. Мысалы: кейбір геометриялық есептерде екі шеңбердің жанасуы туралы болып, бірақ олардың қалай жанасатынын есеп шартында анық айтылмаған, анығында олар іштей немесе сырттай жанасуы мүмкін. Шеңберлердің қиылысуына байланысты берілген есептерде де белгісіздік кездеседі. Мысалы, екі шеңберлер өзара қиылысуы мүмкін, бірақ олардың центрлерінің жалпы хордаға қатысты орналасуы анық айтылмаған, яғни бір жарты жазықтықта немесе әртүрлі жарты жазықтықта орналасқан ба, белгісіз. Осылайша, нақты жағдайға байланысты шеңберлердің центрлері арасындағы қашықтық әр түрлі анықталады.

7. Шарттар мен шешімдердің анық еместігі берілген фигуралардың орналасуын ерікті түрде таңдаудан туындауы мүмкін. Мысалы, берілген фигуралардың берілген нүктелері арасындағы қашықтықты табу қажет болса, бірақ фигуралардың бір-біріне қатысты орналасу орны анық айтылмаса, есеп шарты анық емес және оның шешімі толық болмай қалады. Толық шешім алу үшін олардың бір біріне қатысты орналасуының барлық мүмкін жағдайларын қарастыру керек.

### Қорытынды

Бүгінгі таңда мектептегі математикалық білім берудің маңызды міндеті – оқушылар мен мұғалімдердің назарын геометрияға аудару, жүйелі геометрия сабақтарының қажеттілігін түсіну, ойлау мен кеңістіктік идеяларды дамыту. Тек осындай сабақтар ғана оқушыларға математикалық білім берудің сапасын арттыра алады және оларға емтиханды сәтті тапсыруға дайындап қана қоймай, әрі қарайғы шығармашылық өмірге негіз қалауға мүмкіндік береді.

Бірыңғай ұлттық тестілеу материалдарында (ҰБТ) кездесетін геометриялық есептердің саны аз. Олардың үлесі тапсырмалардың жалпы санының 13% - нан аспайды, яғни 3-4 тапсырма ғана. Алайда, мұндай геометриялық есептерді шеше білу жоғары оқу орындарына түсу кезінде қажет болары сөзсіз.

Көптеген талапкерлердің геометриялық есептерді шешу нәтижелерін талдай отырып, көңіліміз толмайтын жағдайға тап боламыз.

Мысалы, түсушілердің 10 %-ға жуығы ғана геометриялық есептерді орындайды, шамамен 30% -ы дұрыс емес шешеді, ал қалған 60% - ы мұндай есептерге мүлдем бастарын қатырмайды десек болады. Геометриялық есептерді шешу барысында мектеп оқушыларының жоғарыда айтылған белгісіздікке тап болатындығы, оларға жоғары сыныптарда мүлдем тақырыптардың толыққанды түсіндірілмеулерінен деп ойлаймыз. Ал оның себептері қандай? Олар пәнді білудегі олқылықтармен ғана емес, сонымен қатар оқушының геометриялық есептерді шешуде белгілі бір тәжірибесінің болмауымен де байланысты.

Емтихан нұсқаларындағы геометриялық есептерді шешуге жеткілікті дайындық деңгейі бар оқушылардың бір бөлігі өздерінің білімдері мен дағдыларына сенбейді және тапсырмалар өте қиын деп алдын-ала сеніп, оларды шешуге дағдыланбайды. Егер алгебра мен математикалық талдаудың көптеген есептері үшін шешімдердің шаблондық тәсілдері мен алгоритмдері болса, ал геометрияда мұндай нәрсе жоқ.

Әрбір геометриялық есепті шешу-шағын зерттеу жұмысы. Онымен күресу үшін оқушының мұндай іс-әрекетте берік тәжірибесі болуы керек. Содан кейін біз қарама – қайшылыққа тап боламыз – тәжірибе жоғары болуы керек, ал мектеп курсына геометрияны үйренуге бірнеше сағат қана бөлінеді. Соның салдарынан геометриялық есептердің мәтінде белгісіздіктер кетеді деп ойлаймыз.

Сонымен, жазылған мақаламызды қорытындылай отырып, келесідей нұсқаулық айтуға болады: геометриялық есептерді шешу үшін, ең алдымен берілген есептің шартын толығымен оқып, оның анықтылығын немесе анық емес екенін зерттеп алу қажет. Егер де есеп шарты анық болмаса, барлық мүмкін жағдайларды қарастырып, зерттеп алып шешу ұсынылады және шыққан шешімнің дұрыстығына жоғарыда айтылған үрдіс бойынша анализ жасау керек.

Геометриялық есептерді дұрыс шешу дағдысы қалыптасқан оқушының пәнге деген қызығушылығы артады. Геометриялық есептерді шешу оқушыларды ойлауға, пайымдауға мәжбүр етеді, яғни ол логикалық ойлауды, тапқырлықты дамытады және математикалық функционалдық сауаттылық деңгейлеріне ықпал етеді. Оқушыларды геометриялық есептерді шешуге үйрету - бұл оларды емтиханды жақсы тапсыруға дайындап қана қоймай, сонымен қатар оларға өз көзқарастарын дәлелдеуге, кез-келген мәселеге шығармашылықпен қарай білу дағдыларын қалыптастырады.

Геометриялық есептерді шешудің көмегімен математика сабақтарында білім беру функциялары ғана емес, сонымен қатар оқытудың даму функциялары да жүзеге асырылады. Геометриялық есептер оқушыларға кеңістіктік идеяларды қалыптастыруға және олардың логикалық ойлауын дамытуға мүмкіндік туғызады. Сонымен қатар, әрбір геометриялық есептің өзіндік ерекшеліктері бар және оқушыдан шығармашылық көзқарасты және стандартты емес шешу әдістерін қолдануды талап етеді. Демек, мектеп математика курсына геометриялық есептерді оқыту оқушылардың шығармашылық қабілеттерін дамытудың негізгі құралы болып табылады.

Сондықтан, оқушыларды геометриялық есептерді шешуге үйрету процесін ұйымдастырған кезде мұғалім ең алдымен тапсырмаларды таңдау, оларды ретке келтіру, оқушылар тапсырмаларды шешу процесінде орындауы керек ақыл-ой әрекеттерін талдау сияқты жұмыстарды алдын-ала жүргізулері тиіс.

#### Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Смирнов В.А., Туяков Е. Геометрия, 9-класс. -2019.-с.185
- 2 Гурова Л.Л., - «Психология мышления», издательство: М.: ПЕР СЭ, - 2021. 136 с.
- 3 Хуторской А.В. Дидактика. Учебник для вузов. Стандарт третьего поколения. СПб.: Питер, 2017. 720 с.

4 Александров, И.И. Сборник геометрических задач на построение (с решениями) / И.И. Александров. - Москва: Мир, 2017. - 967 с.

5 Agne Brandisauskiene, Jurate Cesnaviciene, Rita Miciuliene and Lina Kaminskiene, What Factors Matter for the Sustainable Professional Development of Teachers? Analysis from Four Countries, DOI: 10.2478/jtes-2020-0022 Journal of Teacher Education for Sustainability, vol. 22, №. 2, p. 153-170, 2020

6 Трошин П.И. «О регулярном замощении плоскости Лобачевского» Международная конференция «Современная геометрия и её приложения - 2019»: сборник трудов. – Казань: Издательство Казанского университета, 2019. – С.162-165

7 Виноградова, Татьяна Михайловна. Геометрия: 7—11 классы / Т. М. Виноградова. — Москва: Эксмо, 2021. - 112 с. - (Алгоритмы решения задач).

8 Гончарова М.А., Решетникова Н.В., Цифровой пакет методических материалов для проведения образовательных событий для школьников (6-9 классы) по функциональной грамотности /. – Барнаул: КАУ ДПО «АИРО имени А.М. Топорова», 2023. <https://disk.yandex.ru>

9 Гордин Р.К., Теоремы и задачи школьной геометрии. Базовый и профильный уровни / Р.К. Гордин; чертежи М.Ю. Панова и др. – 3-е изд., стереотип. – М.: МЦНМО, 2018. – 96с. : ил. ISBN 978-5-4439-2681-0

#### References:

1 Smirnov V.A., Tuyakov E.(2019) Geometriya, 9-klass. [Geometry, 9th grade]. 185 (in Russian)

2 Gurova L.L. (2021) «Psihologiya myshleniya» [Psychology of thinking] izdatel'stvo: M.: PER SE, 136 (in Russian)

3 Hutorskoj A.V.(2017) Didaktika. [Didactics]. Uchebnik dlya vuzov. Standart tret'ego pokoleniya. SPb.: Piter. 720 (in Russian)

4 Aleksandrov, I.I.(2017) Sbornik geometricheskikh zadach na postroenie (s resheniyami) [Collection of geometric construction problems (with solutions)]. Moskva: Mir, 967 (in Russian)

5 Agne Brandisauskiene, Jurate Cesnaviciene, Rita Miciuliene and Lina Kaminskiene, What Factors Matter for the Sustainable Professional Development of Teachers? Analysis from Four Countries, DOI: 10.2478/jtes-2020-0022 Journal of Teacher Education for Sustainability, vol. 22, №. 2, p. 153-170, 2020 (in English)

6 Troshin P.I.(2019) «O regul'yarnom zamoshchenii ploskosti Lobachevskogo» Mezhdunarodnaya konferenciya «Sovremennaya geometriya i eyo prilozheniya - 2019». [On regular tessellation of the Lobachevsky plane" International conference "Modern geometry and its applications]: sbornik trudov. Kazan': Izdatel'stvo Kazanskogo universiteta, 162-165. (in Russian)

7 Vinogradova, Tat'yana Mihajlovna.(2021) Geometriya: 7-11 klassy. [Geometry: grades 7-11]. T. M. Vinogradova. — Moskva: Eksmo, 112 - (Algoritmy resheniya zadach). (in Russian)

8 Goncharova M.A., Reshetnikova N.V.(2023) Cifrovoj paket metodicheskikh materialov dlya provedeniya obrazovatel'nyh sobytij dlya shkol'nikov (6-9 klassy) po funkcional'noj gramotnosti. [Digital package of teaching materials for conducting educational events for schoolchildren (grades 6-9) on functional literacy]. Barnaul: KAU DPO «AIRO imeni A.M. Toporova», <https://disk.yandex.ru>

9 Gordin R.K. (2018) Teoremy i zadachi shkol'noj geometrii. Bazovyy i profil'nyj urovni. [Theorems and problems of school geometry. Basic and profile levels] R.K. Gordin; chertezhi M.YU. Panova i dr. 3-e izd., stereotip. M.: MCNMO, 96.: il. ISBN 978-5-4439-2681-0 (in Russian)

М.Ж. Талипова<sup>1\*</sup>, А.У. Бекбауова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., Қазақстан  
\*e-mail: mira\_talipova@mail.ru

## МАТЕМАТИКА ПӘНІ АРҚЫЛЫ ҚҰЗІРЕТТІЛІКТЕРДІ ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫҢ МАҢЫЗЫ

*Аңдатпа*

Қазіргі кезде Қазақстанның төртінші технологиялық жаңғыруы заманында: ақпараттық технологияның қарқынды дамуы, жоғарғы технологиялық инновациялар мен өзгерістер, әлемді шарпыған пандемия кезіндегі қашықтан білім беру процесін жүзеге асыру, білім беру жүйесіне де айтарлықтай өзгерістер жасауда. Білім берудің мақсаты – білім алушы бойынан білім мен дағдыны қалыптастыру ғана емес, сонымен қатар осы білім мен дағдыларды негізгі кәсіптік білім беру бағдарламасын меңгеруде және күнделікті өмірде қолдануға бағытталған құзыреттіліктерді дамыту болып табылады. Мақалада математика пәнін оқытуда жаңа әдістерді, соның ішінде CLIL, STEM технологияларын қолдана отыра, оқушы бойынан ақпараттық, коммуникативтік, проблемалар мен өзіндік менеджментін шешу құзіреттілікті дамыту сұрағының маңызы қарастырылған. STEM – эксперименттік практикалық оқытуды қарастырса, CLIL – пәнаралық байланыстарды теориялық жағынан тілдік оқытуды негізге алады. Математикалық білім беруде жаңа әдістердің бірі STEM, CLIL технологиясының тиімділігі айтылып, кіріктірілген сабақ маңызы мен кездесетін мәселелерді анықтау мақсатында жүргізілген сауалнама талданды, CLIL технологиясын қолданғанда кездесетін математикалық терминдердің сөздігі құрастырылды, Stem оқыту схемасы жасақталды, дифференциалдық теңдеулер тақырыбынан пәнаралық байланысты көрсететін сұрақтар жобасы ұсынылды.

**Түйін сөздер:** STEM технологиясы, CLIL технологиясы, математика, құзіреттілік, кіріктіріп оқыту, ақпараттық технологиялар.

*Аннотация*

М.Ж. Талипова<sup>1</sup>, А.У. Бекбауова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Актюбинский региональный университет имени К.Жубанова, г. Актөбе, Казахстан

## ВАЖНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ НАВЫКОВ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ

В настоящее время Казахстан находится в эпохе четвертой технологической революции: быстрое развитие информационных технологий, внедрение процесса дистанционного образования в условиях мировой пандемии, вносят существенные изменения в системе образования. Целью образования является не только формирование знаний и умений у обучающегося, но и развитие компетенций, направленных на овладение программой основного профессионального образования и применение этих знаний и умений в повседневной жизни. В статье рассматривается вопрос важность формирования и развития информационных, коммуникативных, проблемных и самоуправленческих навыков у школьника на предметах математики с использованием новых методов обучения. Технология STEM рассматривает экспериментальное практическое обучение, технология CLIL основан на теоретическом языковом изучении междисциплинарных связей. Была указана эффективность технологии STEM, CLIL, которая являются новыми методами в математическом образовании, проанализирована анкета, проведенная с целью определения важности и проблем в интегрированном уроке, составлен словарь математических терминов, при использовании технологии CLIL, и был создан схема обучения Stem, и предложен проект вопросов отражающих междисциплинарную связь по теме «дифференциальные уравнения».

**Ключевые слова:** технология CLIL, технология STEM, математика, компетентность, интегрированное обучение, информационные технологий.

*Abstract*

## THE IMPORTANCE OF SKILLS FORMATION IN MATHEMATICS LESSONS

Talipova M.Zh.<sup>1</sup>, Bekbauova A.U.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan

Kazakhstan in the era of the fourth technological revolution: rapid development of information technologies, introduction of process of distance education in context of global pandemic, make significant changes in education system. Purpose of education is not only formation of knowledge and skills of the student, but also development of competencies aimed at mastering the program of basic vocational education and application of these knowledge and skills in everyday life. Article considers the importance of formation and development of information, communicative, problematic and self-management skills of student in mathematics using new teaching methods. Effectiveness of STEM,

CLIL technology was indicated, which are new methods in mathematical education, questionnaire was analyzed, conducted to determine the importance and problems in the integrated lesson, dictionary of mathematical terms was compiled when using CLIL and STEM learning scheme was created, and draft of questions reflecting an interdisciplinary relationship on the topic "differential equations" was proposed.

**Keywords:** CLIL technology, STEM technology, mathematical, competency, integrated learning, information technology.

### **Кіріспе**

Әлемді шарпыған коронавирустық пандемия, бүкіл білім беру жүйесі үшін маңызды сынақ болды, білім беру ұйымдары жаппай қашықтан оқытуға көшті, қашықтан оқытуға арналған Zoom, Moodle, GoogleClassroom сияқты ақпараттық орталармен жұмыс жасаумен қатар, Telegram секілді әлеуметтік желілерде ақпарат беру секілді жұмыстар атқару, әр білім алушы мен оқытушыдан цифрлық сауаттылықты талап етті. Пандемиядан кейін білім беру жүйесінде көп өзгерістер болу керек екендігі, соның ішінде пәндерді оқытқанда жаңа әдістердің қолданылуы қажеттігі туындады. Болашақ ұрпақтың толассыз даму талаптарына сай болуының жауапкершілігі мен міндеті, өте жоғары қабілетті мұғалімдерге жүктелетіндігін, Қазақстан Республикасының Президенті Қасым-Жомарт Тоқаев өзінің кезекті жолдауында атап өткен болатын [1].

Жаңашыл ұстаз болу үшін жаңаша ойлау білумен қатар, тақырып түсіндіруде оқушылар алдына проблемаларды анық қоя білу, сабақты өткізу әдістемесін нақты анықтай алу үшін де терең біліммен қатар мамандыққа, оқушыға деген сүйіспеншілік болуы керек екені белгілі, сондықтан да ұстаз алдында жүйелі жұмыс жасай білу мақсаты тұр. Білім беру жүйесінің алдына қойылған жаңа міндеттердің бірі оқушы бойынан жан-жақты құзіреттіліктерді дамыта отыра пәнді оқыту. Құзыреттілік – бұл алынған білімдер мен дағдыларды іс-жүзінде, күнделікті өмірде қандай да бір практикалық және теориялық мәселелерді шешуге қолдана алу қабілеттілігі, ол ең әуелі мектептегі оқыту үрдісінде қалыптасады және де ол жалпыланған пәндік және қолданбалы пәндік біліктіліктерді, өмірлік дағдыларды күшейтуге қатысады. Білім алушының сыни ойлау алуы - өз бетінше есептер шығарғанда, қажетті ақпаратты іздеп, оны жүйелеуде, сонымен қатар өз денсаулығына, жеке қарым-қатынас жасауда, күнделікті өмірдегі сұрақтарды шешуде, болашақ мамандығын таңдауда қажеттілік.

Ілгерлемелі білім беру мен қолданбалы дайындықтың комбинациясы практикалық бағытталған білім берудің негізін құрайды. Қазіргі уақытта ақпараттық, нано-, био-, когнитивті технологиялардың дамуы, әртүрлі ғылымдарды синтездеуге, білім беру әдістерін өзгертуге, ғылыми зерттеулерге негіз болуға, қоршаған ортаның өзгеруіне әкеліп отыр. Соған сәйкес болашақ маман – сыни ойлайтын, бірнеше пәндердің байланысын білетін, әртүрлі ғылыми мәселелерді шеше алатын болуы қажет, бұл оқытуда пәнаралық байланысты сақтап, кіріктіре оқытуды талап етеді.

Пәнаралық байланысты сақтай отыра білім беру – бірнеше пәндердің материалдарын жинақтап өткізу. Пәнаралық байланыс қағидасы, бұл ғылым мен қоғамдық практиканың қазіргі даму деңгейіне сәйкес келетін біртұтас дүниетанымдық көзқарасты қалыптастыруға бағытталған бірқатар пәндердің байланысын орната отыра оқыту.

Пәнаралық байланыстың үш компонентін атасак:

- теориялық пәндер циклдеріне ортақ ұғымдар, заңдар мен теориялар және де жалпы ғылыми түсініктер;
- пәндерге ортақ танымдық дағдылар мен жалпы білім беру дағдылары (оқу, ақпаратпен жұмыс істеу, өз ойын жеткізе білу);
- ғылыми танымдық әдістер (бақылау, эксперимент, тәжірибе, модельдеу, теориялық талдау және жалпылау).

Осы компоненттер пәнаралық байланысты білім беру жағдаятынан өмірлік жағдаяттарға көшіруге мүмкіндік береді.

Пәнаралық байланысты сақтай отыра оқытудың түрі, бұл кіріктіре (интеграциялап) оқыту. Кіріктіре оқыту (интеграциялап оқыту) – жаратылыстану бағыты, соның ішінде математикалық білім беруді жетілдіре отыра, білім алушыға қажетті құзіреттіліктерді дамыту, оқытуда STEAM, STEM, CLIL технологияларын қолдану. Кіріктірілген сабақты өткізудің жиі кездесетін форматына тізбектей оқыту, кезектесе оқыту, параллель оқыту жатады. Интеграциялаудың вертикаль және горизонталь түрлері бар, горизонталь интеграциялауда бір пәннің аясында бірнеше пәндермен байланысы бар практикаға бағытталған есептерді қарастыру шығарылады және де зерттелетін мәселенің толықтай шешімі мен мазмұны табылады. Вертикаль интеграция горизонталь интеграцияны толықтыра отыра, пәнге кең ауқымды ғылыми-қолданбалы есептерді қосуды талап етеді, бұл есептер шешуде барлық оқу

материалдары қамтылады, бұл интеграцияда кәсіби есептер шығарылады [2]. Мақалада қарастырылатын технологиялардың тарихына үңілсек, STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) білім беру, бұл жаратылыстану ғылымдары мен инженерлік пәндерді бір жүйеге біріктіретін модель, STEM атауын алғаш рет 1990 жылы АҚШ-тың бактериолог ғалымы Р.Колвелл ұсынған, STEM 2000 жылдардан кейін ғана кеңінен қолданыла бастады [3]. CLIL термині (Content and Language Integrated Learning) Д.Марштың анықтамасы бойынша «Пәндік тілдік интеграцияланған оқытудың әртүрлі екі пән білімі бойынша мәнмәтінге негізделген, ол жерде оқытудың тілі негізінде пайдаланылатын екінші тілі, негізгісі емес», ал Do Coyle пайымдауынша әдістемелік көзқарас бойынша мазмұндық компонент – контент жүйелік құраушы болып табылады [4-5]. Stem және CLIL білім берудің шетелдік зерттеулері мен Қазақстанда жүзеге асырылуы, туындаған мәселелер мен олардың шешу жоспарлары, атқарылған шаралар туралы көптеген ғалымдар еңбектерінде талданып, зерттелген STEM оқытудағы робототехникамен, программалық жабдықтаулармен оқытудың жас ерекшеліктеріне қарай тиімділігі туралы шетелдік зерттеулерде терең талданған [6-8]. CLIL технологиясының пән мен ағылшын тілін қатар оқыту, оқушылардың ынтасын арттырудың бірден бірі жолы екендігі, шет тілдерін кешенді оқытудың бірізділігін метобағалауы шетелдік зерттеулерде ұсынылған [9-10]. Оқушының шығармашыл тұлға болуы, өзіне қажетті пайдалы білімді ала алуы өзекті мәселелердің бірі, оған қол жеткізудің бірі - STEM оқыту, зерттеушілік, интеллектуальді құзіреттілікті дамытудың бірден жолы екендігі Ресей ғалымдарының еңбектерінде ашылған [11-12].

2021 жылғы көрсеткішпен жоғары сынып оқушылары өздерінің тілдік-коммуникативтік ортасында ағылшын тілін түсінудің жоғары деңгейі 62,15% көрсетті [13]. Бұл көрсеткіш CLIL технологиясын енгізудегі тілдік қиыншылықтарды азайтуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, STEM, CLIL оқыту бірнеше әдістемелік ұстанымдармен қамтылған [14-15].

Математиканы оқытуда қажетті құзіреттіліктерді дамытудың маңызы өте зор. Пәнді кіріктіре оқыту оқушының пәнге деген қызығушылығын арттырады, математикалық сауаттылықты дамытады, сонымен қатар оқушының сабаққа ынтасын арттырады, топпен жұмыс істеуге үйретеді, өз бетімен жұмыс жасау қабілетін арттырады, сыни ойлауды күшейтеді, жобамен жұмыс жасап, ғылыми зерттеуге үйретеді. Кіріктіріп оқыту STEM технологиясы, CLIL технологиясы, жобалап оқыту арқылы іске асырылады, пәнаралық есептерді шығаруда топтық жұмыстар орындалады. Әр тапсырманың өмірмен байланысына мән берілуі, экономикаға әсері, қоршаған ортамен байланысы, экологиялық жағдайлардың ескерілуі оқушы бойынан ғылыми-зерттеушілік құзіреттілікпен қатар, жеке бас гигиенасын сақтау, қоршаған ортаны қорғау секілді әлеуметтік-тәрбиелік құзіреттіліктерді де дамытады. Математиканы оқытуда пәнаралық қолданбалы есептерді шығару немесе тақырыптың басқа пәндермен байланысына көңіл аудара отыра, тапсырмалар беру, сабақта ақпараттық технологияларды қолдану, өз бетінше орындайтын тапсырмалардың қоршаған ортамен, күнделікті өмірмен байланыстыра орындалуына бағыт беру, оқушының пәнге деген қызығушылығын арттырумен қатар, оның болашақ мамандығын таңдауына, практикаға бағытталған, зерттеушілік құзіреттілігінің бастауы болары сөзсіз.

### **Материалдар мен әдістер**

Оқушының математикалық сауаттылығын арттырудың екі қағидасы анықталған, олар іргерлемелі математикалық ойлар мен математикалық құзіреттілік. Математикалық құзіреттілік: елестете алу, байланыстар орната алу және ойлау. Әрбір құзіреттілік деңгейінде оқушы математикалық ұғымдарды танып білу, алгоритмдер мен есептеулерді орындау, әртүрлі есептер шығарғанда формулаларды байланыстыра білу, өз білімін әртүрлі қолданбалы есептерде қолдана білу секілді іс-әрекеттерді жүзеге асырады. Жалпы білім беретін мектептерде интеграция аспектілерінің жүзеге асыруын зерттеу мақсатында математика пәнін оқытудағы STEM, CLIL технологияларын қолдану және оқушылардың функционалдық сауаттылығын арттыру мақсатында атқарылған жұмыстарды қарастырамыз.

CLIL, STEM технологияларын қолданудың кейбір мәселелерін зерттеу мақсатында магистранттар мен студенттердің педагогикалық практика, магистрлік зерттеу жұмысын, дипломдық жұмыстар орындау кезінде CLIL, STEM технологиясын қолдана отыра математика пәнінен өткізілген сабақтар бақыланып зерттелді және де тақырыптар бойынша жасақталған сабақ жоспарлары талданды. Сонымен қатар математика пәнінен кіріктірілген сабақ өткізу мәселелерін анықтау мақсатында сауалнама алынып, оның нәтижесі талданды. 1-кестеде берілген STEM оқыту схемасының сипаттамасы 10-11 кластарда алгебра, геометрия пәндерінің осы технология арқылы жасақталған сабақ жоспарлары негізінде жасалынды, сонымен қатар осыған дейінгі зерттеулерге де негізделді.

Кесте 1. STEM оқыту схемасы сипаттамасы (Дереккөз: құрастырушы авторлардың өзі)

S	T	E	M
Ғылыми тұрғыдан	Технологияны қолдану	Инженерлік біліммен ұштасу	Математикалық ұғымның қалыптасуы
Қарастырылатын тақырыптың ғылыми тұрғыдан негіздемесі айтылады.	Тақырыпты терең түсінуде қолданылатын ақпараттық технологиялар сипатталады.	Тақырыптың сұлбасын салғанда немесе берілген тапсырмаларды орындауда сүйенетін инженерлік білімдері ашылады.	Қалыптасатын математикалық ұғымдар туралы ақпарат беріледі.

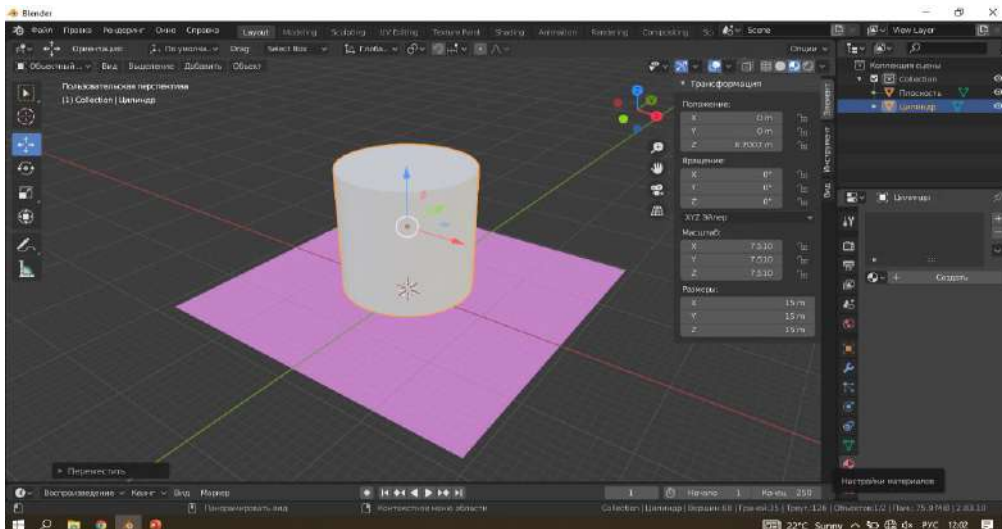
Тілдік құзіреттілікті дамыту мақсатында ағылшын тілінен алған білімдеріне сүйене отыра, Clil технологиясын қолданып өткізілген сабақтар жоспарларына негізделіп, үш тілде берілген кейбір терминдер тізбесі кесте арқылы жинақталды (2-кесте).

Кесте 2. Терминдер сөздігі (Дереккөз: құрастырушы авторлардың өзі)

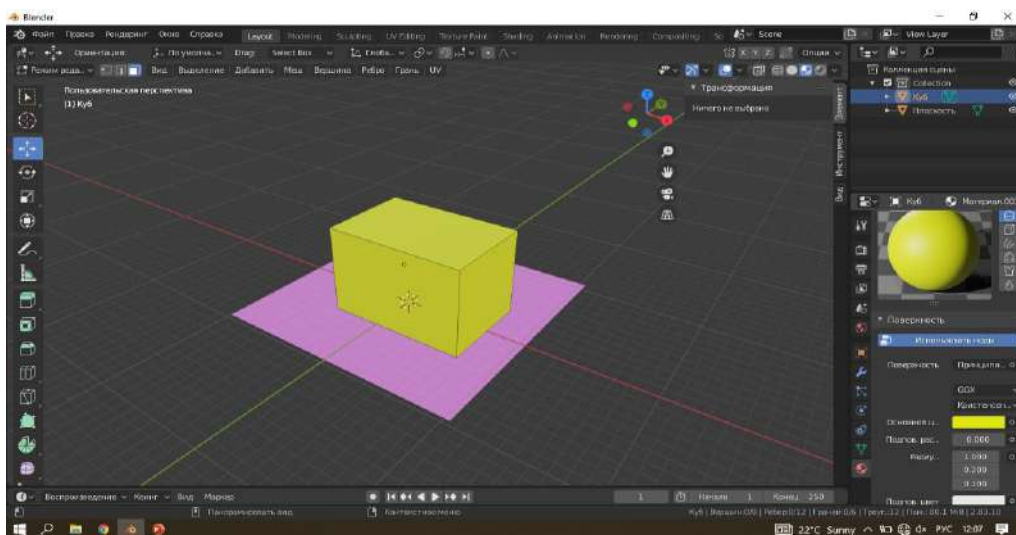
Тарау	Қазақ тілінде	Орыс тілінде	Ағылшын тілінде
Қатынас және пропорция	пропорция	пропорция	proportion
	пропорцияның негізгі қасиеті	главное свойство пропорции	the main property of proportion
	белгісіз мүше	неизвестный член	unknown term
	белгілі ортаңғы мүше	известный средний член	known middle term
	белгісіз шеткі мүше	неизвестный крайний член	unknown extreme term
	тең қатынастар	равные отношения	equal relationship
	шеңбердің ұзындығы	длина окружности	circle length
	дөңгелектің ауданы	площадь круга	area of the circle
	сфера	сфера	sphere
сфераның радиусы, сфераның центрі	радиус сферы, центр сферы	sphere radius, sphere center	
Рационал сандар және қасиеттері	оң сан	положительное число	positive number
	теріс сан	отрицательное число	negative number
	бүтін сан	целое число	integer
	қарама-қарсы сандар	противоположные числа	opposite numbers
	координаталық түзу	координатная линия	coordinate line
	санақ басы	начало отсчета	counting head
	нүкте координатасы	координата точки	point coordinate
	санның модулі	модуль числа	the absolute value of a number
	таңбалары бірдей сандар	числа с одинаковым знаком	numbers with same sign
	таңбалары әртүрлі сандар	числа с разными знаком	numbers with different sign
Алгебралық өрнектер	айнымалы	переменная	variable
	алгебралық өрнек	алгебраическое выражение	algebraic expression
	айнымалының мәні	значение переменной	variable value
	айнымалының мүмкін мәндері	возможные значения переменной	possible values of a variable
	коэффициент	коэффициент	coefficient
	әріпті бөлігі	буквенная часть	letter part
	ұқсас мүшелер	подобные члены	similar members
	әріпті өрнектің мәні	буквенное значение выражения	the literal meaning of the expression
	өрнектерді теңе-тең түрлендірулері	равносильные преобразования выражений	balanced expression transformations
	өрнектерді ықшамдау	упростить выражения	simplify expressions
	теңсіздік	неравенство	inequality
	қатаң теңсіздік	строгое неравенства	strict inequality

Stem технологиясын қолданғанда кейбір тақырыптар бойынша өз бетімен орындауға берілген тапсырмалар ретінде Blender бағдарламасында айналу беттерін, көпжақтарды салу және бояу тапсырмалары 1, 2-суретте келтірілген.





Сурет 1. Цилиндр салу (Дереккөз: құрастырушы авторлардың өзі)



Сурет 2. Параллелепипед салу (Дереккөз: құрастырушы авторлардың өзі)

Алгебра пәнінің (11 класс) маңызды тарауларының бірі – дифференциалдық теңдеулер. Дифференциалдық теңдеулердің айнымалысы ажыратылатын дифференциалдық теңдеулер тақырыбында мазмұнды қолданбалы есептер жиі кездеседі. Осы есептер шығару барысында пәнаралық байланысты орната отыра тапсырмалар беру, оқушының есепті күнделікті өмірде қолданысы мен маңызына көңіл аударып отыра шығаруына көмегін тигізеді.

Айнымалысы ажыратылатын дифференциалдық теңдеулер тақырыбын қарастырайық. Мазмұнды есептерді шығару жолымен талдайық (3 - сурет).

**8.27. Қайнаған су 10 минутта 100°C-тан 60°C-қа дейін суиды. Қоршаған ортаның температурасы 20°C деп алып, судың температурасы қанша уақыттан соң 25°C болатынын табыңдар.**

Сурет 3. Қолданбалы есеп (Дереккөз: алгебра оқулығы, 11 класс)

Есептің шығарылуын талдайық, есептің шарты бойынша су 10 минутта 100° С-ден 60° С-ға дейін суиды. Демек есеп Ньютонның салқындау заңымен сипатталады,

$$\frac{dT}{dt} = k(T - \alpha),$$

мұндағы  $\alpha = 20$  қоршаған орта температурасы, демек

$$\frac{dT}{dt} = k(T - 20).$$

Айнымалысын ажыратсақ,

$$\frac{dT}{T - 20} = k dt$$

Интегралдасақ,

$$\int \frac{dT}{T - 20} = \int k dt$$

$$\ln|T - 20| = kt + C$$

$$T(t) = Ce^{kt} + 20.$$

Есептің шарты бойынша, судың температурасы 10 минутта  $100^{\circ}\text{C}$ -ден  $60^{\circ}\text{C}$ -ға дейін суиыды

$$T = Ce^{kt} + 20, T(0) = 100, T(10) = 60$$

Осы шарттарды ескеріп  $C, k$  мәндерін табамыз,

$$T(0) = C + 20 = 100$$

$$C = 80$$

$$T(t) = 80e^{kt} + 20$$

$$T(10) = 80e^{10k} + 20 = 60$$

$$e^{10k} = \frac{1}{2}$$

$$k = \frac{1}{10} \ln \frac{1}{2}$$

Есептің шешімі,  $T = 80e^{\frac{1}{10} \ln \frac{1}{2} t} + 20$

Су қанша уақыттан соң  $25^{\circ}\text{C}$  болатынын есептейік,

$$80e^{\frac{1}{10} \ln \frac{1}{2} t} + 20 = 25$$

$$e^{\frac{1}{10} \ln \frac{1}{2} t} = \frac{1}{16}$$

$$t = \frac{\ln \frac{1}{16}}{\frac{1}{10} \ln \frac{1}{2}} = 40$$

Есептің шешімі, 40 минуттан соң, су температурасы  $25^{\circ}\text{C}$  болады.

Бұл есепті шығарумен қатар, физика, биология, экология, медицина, география салаларына қатысты тапсырмалар берілді (кесте 3).

Кесте 3. Пәнаралық байланыстарды негіздейтін тапсырмалар (Дереккөз: құрастырушы авторлардың өзі)

№	Берілетін тапсырма	Пәні
1	Қайнаған судың салқындау процесі қандай физикалық құбылыс. Сипатта, физикалық заңды ата	Физика
2	Күнделікті өмірде қайнаған суды қолданғанда қандай қауіпсіздік ережесін сақтау керек. Есіңе түсір	Медицина
3	Судың адам ағзасына пайдасы туралы ақпарат келтір	Биология
4	Су көздерінің тазалығын сақтау шаралары есіңе түсір	Экология
5	Ақтөбе қаласындағы су қоймаларын, өзен, көлдерді ата	География

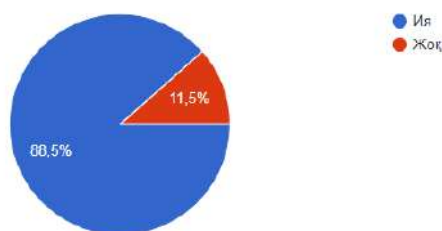
Оқушылар дифференциалдық теңдеуді шығарумен қатар, мазмұнды есептердің математикалық моделін құрды, Ньютон заңын естеріне түсірді, қайнаған судың адам терісін күйдіріп жіберетіндіктен, күнделікті өмірде қайнаған суды пайдаланғанда қандай қауіпсіздік шараларын сақтау керек екендігін естеріне түсірді. Сонымен қатар судың адам ағзасына тигізер пайдасы мен қатар жаз мезгілдерінде демалыс орындарында тазалық сақтау шараларын белсене түрде атады. Және де Ақтөбе қаласындағы

Сазды су қоймасы, Қарғалы өзендерінің орналасу орны мен ерекшеліктерін географиялық тұрғыда сипаттады. Оқушыларға жай ғана дифференциалдық теңдеулерді шешкізіп қоймай, пәнаралық тапсырмалар бере отыра, оқушы бойынан ізденімпаздық, зерттеушілік, тез аңғарымпаздық, еске сақтау, шұғыл түрде еске түсіру, шапшаңдық құзіреттіліктерін дамытуға болады. Осы дифференциалдық теңдеудің жалпы шешімін Geogebra бағдарламалау ортасында тұрғызу тапсырмасын үй жұмысы ретінде ұсындық. Осындай тапсырмалар арқылы оқушының цифрлық құзіреттілігін арттыруға болады.

### Нәтижелер мен талқылау

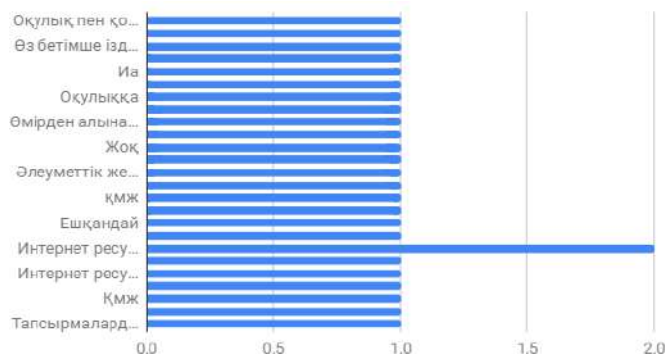
Бірнеше пәндер байланысын сақтай отыра, математиканы оқыту мұғалімнен қосымша уақытты, тынымсыз ізденімпаздықты, терең сауаттылықты талап ететіні сөзсіз. Дегенмен де, кіріктірілген сабақтар ұйымдастыра отыра, оқушылардың математикалық сауаттылығын, ақпаратты технологияларды қолдана білу сауаттылығын арттыру математиканы оқытуда маңызды. Математика пәнін оқытуда әртүрлі әдістерді қолданады, дегенмен сол қолданылған әдістердің кездесетін қиыншылықтарын зерттеу, әдістемелік материалдарды жасауда қандай негізге сүйенеді, кіріктірілген сабақта оқушы бойына берілетін құзіреттіліктерге мұғалім көңіл аудара ма деген мәселені анықтау мақсатында сауалнама сұрақтары құрылды. Ақтөбе қаласының жалпы білім беретін 134 математик ұстаздарынан кіріктірілген сабақты қолдана ма және оны өткізуде кездесетін мәселелер қандай екенін зерттеу мақсатында сауалнама алынды. Соның нәтижесін талдайық. Сауалнама әлеуметтік нысандарда Google Forms платформасы негізінде Whatsapp және Telegram қосымшалары арқылы жүргізілді.

Сауалнамаға қатысқан респонденттердің 88,5% математика сабағында кіріктірілген сабақты өткізетіндігін атап өтті (4-сурет).



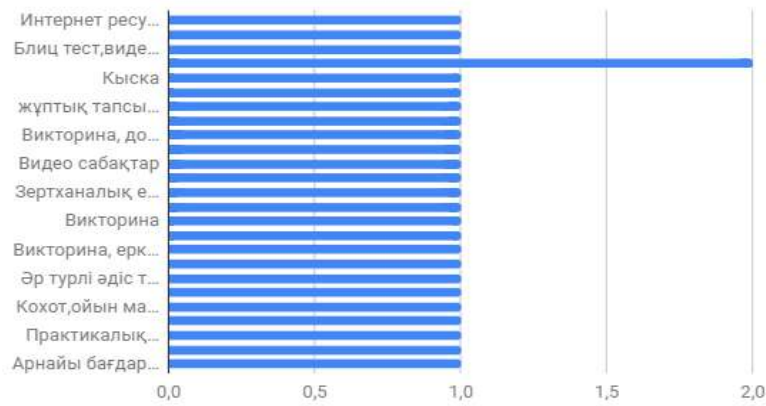
Сурет 4. Математика пәнінде кіріктірілген сабақ өткізесіз бе?  
(Дереккөз: құрастырушы авторлардың өзі)

Кіріктірілген сабақ жоспарын қандай материалдарға негіздеп жасайсыз деген сұраққа респонденттер интернет көздерінен, өз бетінше дайындықпен, әртүрлі материалдарға негіздейтіндерін айтқан (5-сурет).



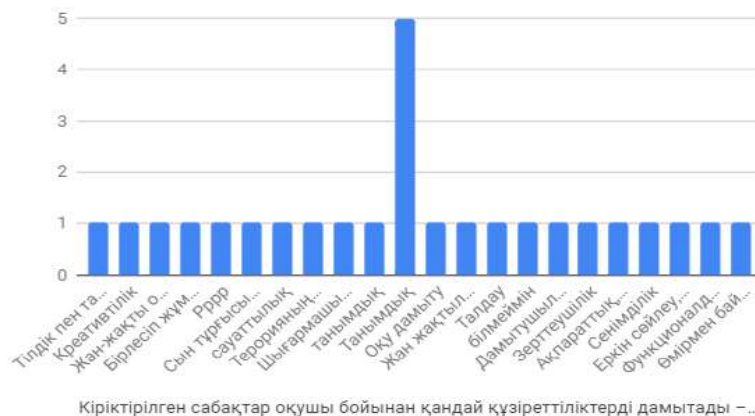
Сурет 5. Кіріктірілген сабақ жоспарын қандай материалдарға негіздеп жасайсыз?  
(Дереккөз: құрастырушы авторлардың өзі)

Кіріктірілген сабақтар өткізуде оқушылармен атқарылатын жұмыстар формасын нақты анықтап алу өте маңызды. Респонденттердің атаған формаларына ойын түрінде, викторина, сауалнама, арнайы бағдарламаларда жұмыс жасау, жұптық тапсырмалар, Kahott ортасында блиц-тесттер, видеопрезентацияларға басымдылық көрсеткен (6-сурет).



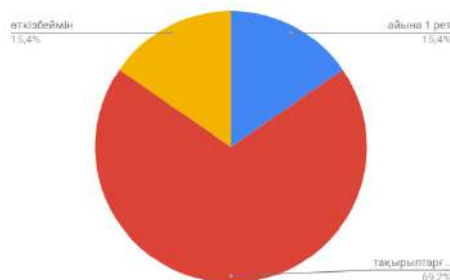
Сурет 6. Кіріктірілген сабақта қолданылатын әдістер?  
(Дереккөз: құрастырушы авторлардың өзі)

Математикалық білім беруде жаңа әдістерді қолдана отыра тақырыптарды түсіндіруде оқушының құзіреттіліктері дамиды, атап айтсақ, өтілетін тақырыптарға сәйкес алдағы қойылған міндеттерді түсіну, талдау және түсіндіру, іздестіру және заңдылықтар анықтауға, міндеттерді шешу үшін процесстердің айқын берілмеген қасиеттерін табуға, қажетті ақпараттарды нақтылауға, қолдана білуге, қайшылықтар мен ұқсастықтарды айқындай алуға, ақпараттық технологиялар көмегіне жүгінуге, ғаламтордағы ақпараттарды саралай білуге үйренеді. Респонденттердің басым көпшілігі танымдық, теорияның түсінуінің ерекшелігі, креативтілік, зерттеушілік қасиеттерінің артатынын атаған (7-сурет).



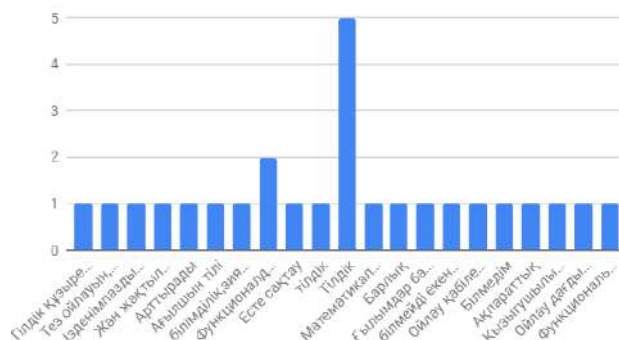
Сурет 7. Кіріктірілген сабақта оқушы бойынан қандай құзіреттіліктер дамиды?  
(Дереккөз: құрастырушы авторлардың өзі)

Пән мұғалімі пәнаралық интеграцияны оқу материалының мазмұнын құрастыру және оқыту әдістерін ұйымдастыру арқылы қамтамасыз етеді, оқу пәндерінің мазмұнына пәнаралық контентті кешенді түрде (өркениетті дағдарыс, жаһандық немесе өңірлік проблемалар, элеуметтік-кәсіптік міндеттер, жалпы мәдени құндылықтар және т.с.с.) енгізеді. Осы орайда сауалнамада математиканы оқытуда кіріктірілген сабақтарды жоспарлау уақытына көңіл аударылған болатын. Респонденттердің 69,2% тақырыптарға сәйкес таңдайтын атап көрсеткен (8-сурет). Бұл жас ұстаздардың жоғары кәсіби шеберлігін көрсетеді.



Сурет 8. Кіріктірілген сабақты өткізу уақытын қалай анықтайсыз?  
(Дереккөз: құрастырушы авторлардың өзі)

Пәнді өткізуде пәндік сауаттылық негізгі роль атқарады, сондықтан да сауалнамада пәндік сауаттылыққа қаншалықты көңіл аударылатынын анықтау мақсатында пәндік құзіреттіліктерге де байланысты сұрақтар берілді. Кіріктірілген сабақтардағы негізгі пәндік құзіреттілікке респонденттер тілдік құзіреттілікті басымдылықпен атап көрсеткен, сонымен қатар, тез ойлануға, математикалық, функционалдық сауаттылығының артуы, есте сақтау, жан жақты дамуына әсерін де атап өткен (9- сурет).



Сурет 9. Кіріктірілген сабақта оқушы бойынан қандай пәндік құзіреттіліктер дамиды? (Дереккөз: құрастырушы авторлардың өзі)

Кіріктірілген сабақты өткізуде кездесетін мәселелер негізін мектептердің материалдық техникалық базаларының сәйкес келмеуі, интернет жылдамдығының төмендеуі құрайды. Қазіргі уақытта кіріктірілген сабақ жоспарын құруға интернет көздерінде жан-жақты әдістемелік материалдар қол жетімді, сондықтан ізденімпаз ұстазға жеткілікті материалдар бар.

### Қорытынды

Пәндер байланысы оқушылардың ғылымды тез тануына, әлемдік деңгейдегі зерттеулер жүргізуге, әр түрлі бағыттағы жаңалықтармен танысуға ықпал етеді. Бұл білім алушы бойынан заманауи талаптарға жауап беретін құзіреттіліктердің пайда болуына ықпал етеді.

Жүргізілген зерттеу жұмысында математика сабақтарында құзіреттіліктерді қалыптастырудың маңызы айтылды, құзіреттіліктерді математиканы оқытуда интеграциялап оқыту, кіріктірілген сабақты жаңа әдістер STEM, CLIL технологиясын қолдану барысы өткізуде қалыптастыру мәселесі қарастырылды.

CLIL оқыту – теориямен қатар тілді оқыту, Stem оқыту – ғылым, технология, математика және инженерияны қатар ала отыра оқыту болып табылады. Оқытудың осы екі түрі де пәнді күнделікті өмірлік мәселелермен және де басқа өзге пәндермен кіріктіре оқыту арқылы, ғылым мен білімнің тұтастылығын, әр пәнді дараламай, білім алушының пәнге деген құштарлығын арттыруда, пәнаралық байланысты күшейтуді маңыздылығын көрсетеді.

Математика пәнін кіріктіре оқыту дәстүрлі сабаққа қарағанда күрделі, көп уақытты талап етеді. Дегенмен де, сабақтың жоспарын жасағанда сабақ жоспарының мақсаты мен міндетін нақты анықтау керек. Класта оқушы саны көп болған жағдайда топтар мен топшаларға бөлу қажеттілігін ескеру, егер екі мұғалім болса, онда өзара рольдерді алдын-ала бөліп алу қажет, таратылатын материалдарды алдын-ала дайындау керек, барлық материалдарды ақпараттық технологияларды қолданып цифрландыру қажет.

Зерттеуде қарастырған кіріктірілген сабақтарда математикамен қатар ақпараттық технология, физика, дизайн, ағылшын тілі, экономика, тарих, информатика пәндерінің арасында байланыс орнайды. Сабақ барысында математикалық сауаттылықты арттырумен қатар, оқушы бойынан цифрлық, креативтілік, жауапкершілік деңгейі арттырады, икемділік, бейімділік, бастамашылық, элеуметтік, мәдениетаралық дағдылар, сенімділік, көшбасшылық және жауапкершілік, сыни тұрғыдан ойлау, қарым-қатынас, ынтымақтастық, шығармашылық қасиеттері артады.

Математиканы жай ғана оқытып қоймай, оқушының жан-жақты болуына, өзіне деген сенімінің артуына, сыни ойлауына, көшбасшылық қасиеттерінің дамуына қажетті құзіреттіліктерді дамуына ат салысу – әр жаңашыл ұстаз міндеті.

Пайдаланған әдебиеттер тізімі:

- 1 ҚР Президенті Қ.К.Тоқаевтың «Жаңа жағдайдағы Қазақстан: іс-қимыл кезеңі» атты жолдауы, 2020.
- 2 Liang-Hui Wang<sup>1\*</sup>, Bing Chen<sup>1</sup>, Gwo-Jen Hwang<sup>2</sup>, Jue-Qi Guan<sup>1</sup> and Yun-Qing Wang<sup>1</sup>, *Effects of digital game-based STEM education on students' learning achievement: a meta-analysis*, *International Journal of STEM Education* (2022), <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00344-0>
- 3 Жук О. Л. Междисциплинарная интеграция на основе принципов устойчивого развития как условие повышения качества профессиональной подготовки студентов //Вестник БДУ. Сер. 4. 2014. № 3, С. 64-70.
- 4 Marsh D., Mehisto P., Wolff D., Frigols M. J. *The European Framework for CLIL Teacher Education*. Graz: European Centre for Modern Languages. 2010. P. 105–116.
- 5 Coyle, D. *Meaning-making, Language Learning and Language Using: An integrated approach. Inclusive Pedagogy Across the Curriculum*. Deppeler, J. M., Loreman, T., Smith, R. & Florian, L. (eds.). 2015. - Vol. 7 – P. 235-258.
- 6 Robert J. Ruhfl<sup>1\*</sup>, Cody T. Williams<sup>1</sup>, Megan Zelinsky<sup>2</sup> and Lyssa Wilson Becho<sup>2</sup>, *Barriers to collecting student participation and completion data for a national STEM education grant program in the United States: a multiple case study*, *International Journal of STEM Education* (2022), <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00348-w>
- 7 Chatzopoulos A., et al. "Action research implementation in developing an open source and low cost robotic platform for STEM education" *International Journal of Computer Applications* 178.24 (2019): 33-46.
- 8 Dorouka P., Papadakis S., Kalogiannakis M. *Tablets and apps for promoting robotics, mathematics, STEM education and literacy in early childhood education*, (2020) *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 14 (2), pp. 255-274.
- 9 Vela-Rodrigo A. A. *CLIL for the teaching of History and English in Secondary Education: how to complete the existing materials*, *Language Value*, 15(1), 1-29. Universitat Jaume I ePress: Castelló, Spain. <http://www.languagevalue.uji.es>. July 2022, DOI: <https://doi.org/10.6035/languagev.6413>
- 10 Estrada Chichón, J.L., & Segura Caballero, N. (2022). *Análisis de secuencias didácticas AICLE para Educación Primaria*. *Revista Interuniversitaria De Formación Del Profesorado*. *Continuación De La Antigua Revista De Escuelas Normales*, 98(36.2). <https://doi.org/10.47553/rifop.v98i36.2.91999>
- 11 Солянкина Л.Е. Модель развития профессиональной компетентности в практико-ориентированной образовательной среде // Известия ВГПУ. 2011. № 1 (55). С. 42–46.
- 12 Андреева И.В., Михайлик Е.В., Добрынина М.А. *Stem-образование как ключевой фактор развития инженернотехнических компетенций обучающихся общеобразовательных организаций* // Мир науки. Педагогика и психология, 2021 №1, Том 9 – С.1-9, <https://mir-nauki.com>.
- 13 Tuleubayeva S., Tleuzhanova G., Shunkeyeva S., Turkenova S., Mazhenova R. *Functional ranking of English in multilingual education in Kazakhstan (on the example of high school students)* (2021), *Journal of Advanced Pharmacy Education and Research*, 11 (4), pp. 143-148.
- 14 «STEM білімді енгізу бойынша әдістемелік ұстанымдар» - Астана: Ы.Алтынсарин атындағы Ұлттық білім академиясы, 2017. - 160 б.
- 15 Жетписбаева Б.А., Кубеева А.Е. *К вопросу о методическом обеспечении трёхязычного образования* // Вестник КарГУ, 2017.- №2(86).

References:

- 1 *Poslanie Glavy gosudarstva Kasym-Zhomarta Tokaeva narodu Kazahstan ot 1 sentyabrya 2020 g «Kazahstan v novej real'nosti: vremya dejstvij» [Kazakhstan in a new reality : time for action]. (In Kazakh)*
- 2 Liang-Hui Wang<sup>1\*</sup>, Bing Chen<sup>1</sup>, Gwo-Jen Hwang<sup>2</sup>, Jue-Qi Guan<sup>1</sup> and Yun-Qing Wang<sup>1</sup>, *Effects of digital game-based STEM education on students' learning achievement: a meta-analysis*, *International Journal of STEM Education* (2022), <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00344-0>
- 3 ZHuk O. L. (2014) *Mezhdisciplinarnaya integraciya na osnove principov ustojchivogo razvitiya kak uslovie povysheniya kachestva professional'noj podgotovki studentov [Interdisciplinary integration based on the principles of sustainable development as a condition for improving the quality of professional training of students]. Vesnik BDU. Ser. 4. № 3, 64-70. (In Russian)*
- 4 Marsh D., Mehisto P., Wolff D., Frigols M. J. *The European Framework for CLIL Teacher Education*. Graz: European Centre for Modern Languages. 2010. P. 105–116.
- 5 Coyle, D. *Meaning-making, Language Learning and Language Using: An integrated approach. Inclusive Pedagogy Across the Curriculum*. Deppeler, J. M., Loreman, T., Smith, R. & Florian, L. (eds.). 2015. - Vol. 7 – P. 235-258.
- 6 Robert J. Ruhfl<sup>1\*</sup>, Cody T. Williams<sup>1</sup>, Megan Zelinsky<sup>2</sup> and Lyssa Wilson Becho<sup>2</sup>, *Barriers to collecting student participation and completion data for a national STEM education grant program in the United States: a multiple case study*, *International Journal of STEM Education* (2022), <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00348-w>
- 7 Chatzopoulos A., et al. "Action research implementation in developing an open source and low cost robotic platform for STEM education" *International Journal of Computer Applications* 178.24 (2019): 33-46.
- 8 Dorouka P., Papadakis S., Kalogiannakis M. *Tablets and apps for promoting robotics, mathematics, STEM education and literacy in early childhood education*, (2020) *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 14 (2), pp. 255-274.

9 Vela-Rodrigo A. A. CLIL for the teaching of History and English in Secondary Education: how to complete the existing materials. *Language Value*, 15(1), 1-29. Universitat Jaume I ePress: Castelló, Spain. <http://www.languagevalue.uji.es>. July 2022, DOI: <https://doi.org/10.6035/languagev.6413>

10 Estrada Chichón J. L., & Segura Caballero, N. (2022). Análisis de secuencias didácticas AICLE para Educación Primaria. *Revista Interuniversitaria De Formación Del Profesorado. Continuación De La Antigua Revista De Escuelas Normales*, 98(36.2). <https://doi.org/10.47553/rifop.v98i36.2.91999>

11 Solyankina L.E. (2011) Model razvitiya professionalnoy kompetentnosti v praktiko-orientirovannoy obrazovatelnoy srede [The model of professional competence development in a practice-oriented educational environment]. *Izvestiya VGPU. № 1 (55)*. 42–46. (In Russian)

12 Andreeva I.V., Mihajlik E.V., Dobrynina M.A. (2021) Stem-obrazovanie kak klyuchevoj faktor razvitiya inzhenernotekhnicheskikh kompetencij obuchayushchihsya obshcheobrazovatel'nyh organizacij [Stem education as a key factor in the development of engineering and technical competencies of students of general education organizations] *Mir nauki. Pedagogika i psihologiya. №1, Tom 9 – S.1-9*, <https://mir-nauki.com>. (In Russian)

13 Tuleubayeva S., Tleuzhanova G., Shunkeyeva S., Turkenova S., Mazhenova R. Functional ranking of English in multilingual education in Kazakhstan (on the example of high school students) (2021), *Journal of Advanced Pharmacy Education and Research*, 11 (4), pp. 143-148. (In Russian)

14 «Metodicheskie principy vnedreniya STEM-znanij» - Astana: Nacional'naya akademiya obrazovaniya im. YU. Altynsarina, 2017. - 160 s. (In Russian)

15 Jetpisbaeva B. A., Kubeeva A.E. (2017) K voprosu o metodicheskom obespechenii trekhieazychnogo obrazovaniia [On the issue of methodological support of trilingual education]. *Vestnik KargU, №2(86)*.

## ИНФОРМАТИКА COMPUTER SCIENCE

МРНТИ 50.05.19  
УДК 004.416.6

10.51889/2959-5894.2023.82.2.019

Г.О. Исакова<sup>1\*</sup>, Р.З. Сулейменова<sup>1</sup>, Б.Е. Таныкпаева<sup>1</sup>, Г.Р. Есенбаева<sup>1</sup>, А.Ж. Тулкибаев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., Қазақстан  
\*e-mail: issakova.g@rambler.ru

### БАЗАЛЫҚ ИНТЕРАКТИВТІ ОБЪЕКТІЛЕРІ БАР ДИНАМИКАЛЫҚ САЙТТАРДЫ БАҒДАРЛАМАЛАУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

*Аңдатпа*

Интерактивті элементтері -Web-беттің жеке құрылымдық блоктары арасындағы әртүрлі түймелер-ауысулар, бейнеклиптер мен аудио фрагменттерді іске қосу түймелері, құрылым элементтері бойынша өтуге мүмкіндік беретін сілтемелер, бір ресурстың шекарасын кеңейтетін пішін болып табылатын динамикалық сайттарсыз заманауи Интернетті елестету қиын Осы секілді сипатталғанға жақын сайттарды CSS стильдері арқылы немесе CMS жүйесі бойынша жасауға болады. Алайда, жоспарланғандай сайтты құруға бағдарламалауды қажет етеді. Мақалада негізгі интерактивті элементтері бар динамикалық сайттарды бағдарламалау ерекшелігі ашылады, ал бұл өз кезегінде жаңа динамикалық сайтты жазуға ғана емес, сонымен бірге HTML көмегімен жүзеге асырылған ескі сайтты жаңартуға мүмкіндік береді. Негізгі идея - сайт беттерін пішімдеу және оның дизайны, электрондық құрылғының экранына байланысты сайттың көрінісін өзгерту үшін CSS элементтерімен бірге JavaScript және HTML бағдарламалау тілдерінің негізгі мүмкіндіктерін пайдалана отырып, объектіге бағытталған бағдарламалауға жүйелік тәсілдеу болып табылады. Нәтижесінде, веб-беттерді бағдарламалаудың ұсынылған ерекшеліктері ұсынылған CMS жүйелеріне тәуелсіз құрылған заманауи динамикалық сайттарды құрудың негізгі тәсілін өзгертуге және бұрыннан бар HTML сайттарының мүмкіндіктерін едәуір кеңейтуге мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** динамикалық сайт, элемент, шаблон, объект, контейнер, блок, браузер, бағдарламалық код, атрибут.

*Аннотация*

Г.О. Исакова<sup>1</sup>, Р.З. Сулейменова<sup>1</sup>, Б.Е. Таныкпаева<sup>1</sup>, Г.Р. Есенбаева<sup>1</sup>, А.Ж. Тулкибаев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г.Астана, Казахстан

### СПЕЦИФИКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ САЙТОВ С БАЗОВЫМИ ИНТЕРАКТИВНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Современный Интернет сложно представить без динамических сайтов с интерактивными элементами – различными кнопками-переходами между отдельными структурными блоками Web-страницы, кнопками запуска видеоклипов и аудиофрагментов, ссылок, позволяющих переходить по элементам структуры, элементов форм, которые расширяют границы одного ресурса. Сайты, близкие к описанному, можно разработать с помощью стилей CSS или разработать под системой CMS. Однако получить сайт в соответствии с поставленными задачами позволяет именно программирование. В работе раскрывается специфика программирования динамических сайтов с базовыми интерактивными элементами, позволяющая не только написать новый динамический сайт, но и произвести модернизацию старого сайта, реализованного с помощью HTML без полного переписывания последнего. Основная идея заключается в системном подходе к объектно-ориентированному программированию с использованием фундаментальных возможностей языков программирования JavaScript и HTML наряду с элементами CSS для форматирования страниц сайта, его оформления, изменения представления сайта в зависимости от экрана электронного устройства. В итоге, предложенные особенности программирования Web-страниц дают возможность изменить базовый подход к созданию современных динамических сайтов, созданных независимо от предлагаемых CMS-систем и значительно расширить возможности уже существующих HTML-сайтов.

**Ключевые слова:** динамический сайт, элемент, шаблон, объект, контейнер, блок, браузер, программный код, атрибут.



Abstract

## SPECIFICS OF PROGRAMMING DYNAMIC SITES WITH BASIC INTERACTIVE OBJECTS

Issakova G.O.<sup>1</sup>, Suleimenova R.Z.<sup>1</sup>, Tanykpayeva B.Ye.<sup>1</sup>, Yessenbayev G.R.<sup>1</sup>, Tulkibayev A.Zh.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan

It is difficult to imagine the modern Internet without dynamic websites with interactive elements. These elements are various buttons for transitions between individual structural blocks of a Web page, buttons for launching video clips and audio fragments, links that allow you to navigate through the elements of the structure, form elements that expand the boundaries of a single resource. Sites close to those described can be developed using CSS styles or developed under a CMS system. However, it is programming that allows to get a website for a reason. The paper reveals the specifics of programming dynamic sites with basic interactive elements, which allows not only to write a new dynamic site, but also to modernize the old site implemented using HTML without completely rewriting the latter. The main idea is a systematic approach to object-oriented programming using the fundamental capabilities of the JavaScript and HTML programming languages along with CSS elements for formatting site pages, its design, changing the presentation of the site depending on the screen of an electronic device. As a result, the proposed programming features of Web pages make it possible to change the basic approach to creating modern dynamic sites created independently of the proposed CMS systems and significantly expand the capabilities of existing HTML sites.

**Keywords:** dynamic web page, element, pattern, object, container, block, browser, program code, attribute.

### Введение

Динамический сайт сегодня является основой Интернета [1]. В настоящее время большинство сайтов имеют множество движущихся элементов или фрагментов анимации. Не все из обозначенного является декоративным оформлением. Следует отметить, что при программировании динамических сайтов активно используются интерактивные элементы [2], то есть, такие элементы, которые реагируют на действие пользователя (кнопки, ссылки, элементы форм и другое). Особую актуальность сайты с таким наполнением получили в период локдауна, связанного с эпидемией COVID-19 и перехода систем и служб в дистанционный режим работы. Динамический сайт с базовыми интерактивными объектами стал востребован в системе образования и науки. Всевозможные тесты, контрольные и лабораторные работы, семинары и конференции, мастер-классы и даже обыкновенные уроки в дистанционном режиме требуют активного динамического представления [3]. При этом подобные сайты должны легко разворачиваться даже при слабом сигнале Wi-Fi, давать полноценный доступ к ресурсу на устройствах с разным разрешением экрана, платформах, ориентациях экрана [1]. Не меньше требований выдвигается к сайтам предоставления административных и медицинских услуг в режиме он-лайн, интернет-площадок торговли, различных развлекательных и игровых порталах [4].

Но все же, в рамках данного исследования, наибольшую актуальность представляют именно динамические сайты с интерактивными объектами в сфере образования, поскольку такие сайты должны полноценно выполнять образовательную функцию (информационное содержание), при этом легко открываться на электронных устройствах с различными характеристиками. Цель данной статьи – раскрыть специфику программирования динамических сайтов с базовыми интерактивными элементами, необходимыми для расширения возможностей изменения дизайна в зависимости от поведения пользователя, размера экрана, платформы, ориентации экрана электронного устройства. В целом это позволит вывести дистанционное и смешанное образование на качественно новый уровень, позволяющий формировать гармонично развитую личность не зависимо от возможности очного посещения образовательного учреждения.

Гипотеза исследования состоит в том, что качественно созданный динамический сайт с интерактивными объектами позволяет представить больше структурированной информации по сравнению с обычными гипертекстовыми сайтами.

### Методология исследования

Исследование в рамках данной работы базировалось на системном подходе с использованием теоретических и эмпирических методов исследования, в частности – наблюдения, эксперимента и сравнения. Наблюдение базировалось на следующих фактах: можно разделить существующие электронные устройства на ряд категорий и запрограммировать сайты для отдельных категорий устройств. Но это займет много времени и, кроме того, с каждым годом появляется все большее количество разнообразных устройств, подключаемых к сети Интернет. Даже в настоящее время имеется огромный спектр устройств, включая бытовые приборы, которые взаимодействуют с Интернетом в рамках «Интернета вещей» [5].

Эксперимент состоял в поиске подходов к объектно-ориентированному программированию с исследованием фундаментальных возможностей языков программирования JavaScript и HTML наряду с использованием элементов CSS для форматирования страниц сайта, его оформления, изменения представления сайта в зависимости от экрана электронного устройства. Сравнение основано на проведении детального анализа в отношении полноты и объема предоставляемой информации на сайте с обычными гипертекстом и сайте, разработанном с использованием предлагаемой технологии. Здесь следует отметить, что динамические сайты под CMS (Система управления содержимым) в данной работе не рассматривались по причине того, что данные системы позволяют создавать сайт и управлять его содержимым, однако представлены готовыми шаблонами. Обычно содержимое рассматривается как неструктурированные данные в рамках поставленной задачи, в отличие от систем с базами данных. Шаблоны CMS могут иметь возможность редактирования под некоторые требования пользователя (бесплатные версии), однако более функциональные шаблоны, как правило, имеют закрытый код и используются на коммерческой основе. Любой шаблон является готовым блоковым решением и сложно добиться полного соответствия поставленным задачам от разработчика сайта.

Проверка гипотезы исследования строилась на положении, что при открытии Web-страницы в браузере, браузер строит определенную модель документа в виде контейнеров [6]. Эти контейнеры вложены один в другой, содержат теги или текст. Каждый контейнер представлен своим объектом – в зависимости от того, какой тег или текст он представляет. То есть – объектную модель документа (DocumentObjectModel). И к каждому объекту можно получить доступ через переменную document, благодаря свойству «documentElement» ссылаться на свой объект, представленный тегом. Здесь же представлены свойства заголовка и тела Web-страницы, где содержатся объекты этих элементов.

Понимая эту структуру Web-страницы, далее можно рассматривать переходы между контейнерами, как ответвления, а точки ответвления – как базовые узлы страницы. И именно операции перемещения между базовыми узлами следует рассматривать как точку применения интерактивного объекта для перехода между контейнерами. А чтобы при таких операциях не утратить структуру страницы, следует присвоить отдельным контейнерам специальные CSS стили [7], которые помогут адаптировать сайт под возможности техники и браузера.

## **Результаты исследования**

### *Результаты теоретического этапа исследования.*

Разработка динамических сайтов представляет интерес для исследователей Web-программирования примерно с 1994 года. Уже тогда был задан вопрос – как донести пользователю больше содержательной и интересной информации, доступной для отображения на различных устройствах [8]. До той поры, пока разработка указанных сайтов была только в поле зрения ученых, подобные до [8] публикации были часты и типичны. С точки зрения современных информационных технологий, подобные материалы были больше философскими, нежели научными и представляли интерес для широкого круга исследователей, интересующихся перспективными направлениями науки. Постепенно все больше пользователей присоединялись к сети. С совершенствованием HTML, сайты начали обретать более современный дизайн и постепенно становиться главными носителями информации, по сравнению с радио и телевидением. Темп программирования динамических сайтов приобрела коммерческую основу [9] и стала менее доступной для широкого круга исследователей, поскольку многие аспекты разработки защищались коммерческой тайной [6].

В настоящее время большинство литературы по Web-разработке динамических сайтов представлено базовыми основами программирования с применением различных языков, использованием стилей CSS [6 – 7], их усовершенствования и непосредственно методике обучения Web-программированию [1]. Непосредственно в Интернете размещено много материалов по обозначенной теме. Возможно, они не представляют научную, однако дают значительную практическую ценность – позволяют отследить над какими задачами трудятся современные Web-разработчики. В частности, в Wix-блоге [10], площадке дискуссий известного конструктора сайтов, постоянно возникает дискуссия о преимуществах динамических сайтов над статическими. Одним из аргументов в пользу динамических сайтов выдвигается их адаптация под разные браузеры и устройства, а вот как негатив – отмечается сложность разработки таких сайтов.

Анализируя источники [2, 6, 7], можно отметить, что просто гибкий сайт не решает всех поставленных вопросов в отношении адаптации под браузер и устройство. И одним из «минусов» гибкости являются некоторые трудности для пользователя при работе с таким сайтом. Например,

работа на одном устройстве, а, затем, переход на другое устройство, может замедлить работу из-за изменения расположения отдельных элементов на экране. Ряд картинок на портативных устройствах могут быть в усеченном варианте или представлены фрагментом. Непосредственно для программиста могут быть трудны и отнимают много времени работы над изменением иллюстраций (их резка, разделение, а затем прописывание отдельных медиатипов в коде). Хотя с усовершенствованием стилей CSS эта задача стала немного проще [7]. Пожалуй, в рамках данного исследования, наиболее близкой к подтверждению установленной гипотезы является работа [11], где начало работы над сайтом приравнивается к чистому холсту, на котором рисуется структура будущей Web-страницы, а затем вводятся ограничения, коими и являются контейнеры. Далее же следует расширить возможности самих контейнеров, дополнить их элементами, облегчающими конструкцию Web-страницы, но расширяющими возможности подачи и объема информации [12]. То есть, разработка динамического сайта – использование разнообразных слоев, картинок, умной разметки. Именно слои и являются основой динамического сайта, а никак не гибкие картинки. Как отмечается далее в указанной работе [11], с возможностями прятать и показывать элементы, изменять размеры картинок, и многое другое, только дизайнерскими решениями, без основ программирования, была найдена возможность адаптировать Web-страницы к различным возможностям устройств и экранов [13]. Но именно программирование динамического сайта, с изменении свойств различных объектов, гибкими контейнерами, которые содержат свои элементы с изменяемыми параметрами, позволяет представить пользователю больше структурированной информации, которую, благодаря интерактивным объектам, он может фильтровать под свои потребности.

*Результаты практического этапа исследования.*

Выявление специфики программирования динамических сайтов с базовыми интерактивными объектами потребовало проведения ряда экспериментов. В частности – это задачи с использованием адаптивных приемов в программировании Web-сайтов и изменении свойств различных объектов в зависимости от ориентации экрана. Приведем примеры таких задач. Для этого используем макет, заданный нижеследующим кодом, который описывает стили Web-документа. Но при этом представим развертку экрана в пикселях (px) и процентах (рис. 1).

```
.page {
    margin: 36px auto;
    width: 960px;      == > 90% //экспериментально, оптимально для развертки
    экрана
}
.blog {
margin: 0 auto 53px;
width: 900px;    => 93,75%    /* 900px / 960px */
}
.blog.main {
float: left;
width: 566px;    => 62.8888889% /* 566 / 900*/
}
.blog.other {
float: right;
width: 331px;    => 36.8888889%    /* 331 / 900 */
}
```

*Рисунок 1. Листинг кода с процентным представлением размера контейнера*

Таким образом, произошло изменение контейнера, представленного 960 px на 90%. Представленный макет страницы сайта перестает быть фиксированным, поскольку контейнер изменяется в размерах при каком-либо изменении окна браузера. Но класс «.blog» в макете все еще равен 900 px. Для изменения размеров следует определить пропорции изменения с использованием данных о величине контейнера по макету страницы:

$$900/960 = 0,9375 * 100 = 93.75\%.$$

Из листинга кода следует, что макет представлен также двумя колонками – левой и правой. Это блоки, которые находятся внутри блока «.blog» и при изменении этого блока должны также изменять

свои размеры пропорционально. Для этого необходимо пересчитать процентное соотношение изменения блоков «main» и «other» по величине блока «.blog», что составит 62,8% и 36,8% соответственно. В итоге проведенных изменений получается гибкий макет, в процентном соотношении полностью повторяющий первоначальный дизайн Web-страницы. Учитывая изложенное, можно вывести три правила:

а) если используются гибкие отступы (margin) для одного элемента, следует за контекст применять ширину контейнера этого элемента;

б) если используются гибкие поля (padding) для всего документа, контекстом для исчислений становится ширина самого элемента;

в) родительский блок (width), в котором размещаем различные элементы и блоки – определяется в процентах от величины контейнера.

Данное правило важно, когда на сайте размещаются базовые интерактивные объекты, которые должны быть видимыми для пользователя при любом изменении размера экрана или окна браузера, поскольку позволяют получить доступ к полному материалу (информации), представленному на Web-странице. По умолчанию ширина/высота блока определяется шириной/высотой контента, значений отступов, полей и границ. Свойство со значением border-box позволяет сделать так, чтобы ширина и высота базового элемента исчислялась с учетом границ и отступов. Это важно для случая, когда Web-страницу с одинаковой вероятностью будут просматривать как со смартфона, так и с других устройств, вплоть до Smart-телевизора. Данное свойство позволяет получить идентичное изображение на всех устройствах, а интерактивные элементы сайта будут находиться в зоне просмотра и работы.

Например, рассмотрим блок «width: 200px; padding: 0 20px». Итоговая ширина равна 220px. Но с применением свойства box-sizing: border-box итоговая ширина будет равна 200px. То есть:

width: 160px + padding: 40px (слева и справа по 20px).

Естественно, становится интересно, как при таких манипуляциях буду вести себя встроенные в сайт картинки, небольшие видео, другой мультимедийный контент. Современные браузеры пропорционально изменяют размеры картинок. Если гибкий контейнер будет изменять свои размеры, то изменятся и размеры указанного контента с изменением пропорций сторон. Но следует при программировании динамических сайтов учесть необходимость задания тегу img свойство max-width: 100%. Именно это свойство запрещает изображению превышать ширину контейнера.

Это свойство можно применять для тегов, приведенных на иллюстрации (рис. 2).

```
img, embed, object, video {
    max-width: 100 %;
}
```

Рисунок 2. Правило «запрета» превышения ширины контейнера для ряда тегов

Следует отметить, что для создания гибкого фоновое изображение можно использовать свойство background-size: cover. Однако это свойство следует использовать с осторожностью – некоторые виды браузеров, особенно устаревшие версии, будут немного исказить изображение, слишком его растягивая или сужая.

Ранее указывалось, что можно разработать сайт для конкретного типа устройств. Позже в CSS [7] была предусмотрена возможность использования различных медиатипов, которые позволяют проектировать дизайн для отдельного браузера или устройства. Эту идею можно использовать для расширения возможностей при программировании динамических сайтов с базовыми интерактивными элементами. В частности, использование медиатипов позволит уменьшить количество подаваемого на экран текста и заменить этот текст другими видами представления информации. Например, представить текст Web-страницы на экране смартфона интерактивной инфографикой, видео, аудиофайлом. При этом в браузере, развернутом на обычном настольном компьютере, будет отражаться именно полнотекстовая версия существующего сайта, игнорируя медиатип предоставления видео или отображения текста вслух.

Для выполнения этой задачи следует прописать соответствующий носитель:

– «handheld» смартфоны;

- «projection» проекторы;
- «screen» экран монитора;
- «speech» отображение текста вслух;
- «tty» устройства с ограничениями дисплея;
- «tv» телевизоры.

Следует подчеркнуть, что медиатип «all» используется по умолчанию для отображения на всех видах устройств. Для спецификации вида устройства под отображение определенного контента необходимо произвести изменение атрибута ссылки на это устройство. Пример листинга кода для этой операции представлен на рис. 3.

```
<link rel="stylesheet" href="global.css" media="all" />
<link rel="stylesheet" href="main.css" media="screen" />
<link rel="stylesheet" href="paper.css" media="print" />
```

Рисунок 3. Пример изменения атрибута ссылки на отображение по видам устройств

Однако такие изменения требуют обязательного создания блока @media с привязкой до конкретного медиатипа (рис. 4).

```
@media screen {
  body {
    font-size: 100 %;
  }
  @media print {
    body {
      font-size: 15 pt;
    }
  }
}
```

Рисунок 4. Листинг-код привязки медиатипа

Значение свойств можно изменять постепенно. Это возможно с использованием, опять таки, CSS, или transitions. В отличии, например, от анимации, где можно управлять любым количеством промежуточных состояний, с помощью transitions можно управлять только двумя состояниями – начальным и конечным. Плавный переход в CSS осуществляется с помощью установления свойства длительности перехода transition-duration в секундах, долях секунды или миллисекундах. Но такие переходы в CSS возможны не всегда. В основном их возможно применить при изменении размера, цвета, позиции базовых объектов. Расширить этот перечень можно с помощью создания меню с плавными переходами, фрагмент кода которого представлен на рис. 5.

```
.breadcrumbs a {
  width: 150px;
  line-height: 37px;
  display: block;
  position: relative;
  color: black;
  font-size: 15px;
  padding-left: 10px;
  text-decoration: none;
  -webkit-transition: all 0.5s;
  transition: all 0.5s;
  background: white;
}
```

Рисунок 5. Фрагмент кода меню с плавными переходами

Выполняя описанные манипуляции по программированию, фактически проводится изменение функций `document.forms`, `document.getElementById`, `document.createElement` и некоторых других, встроенных в объект `document`. Именно здесь имеется возможность изменения в реальном времени не только размеров, цвета, но и добавлять и изменять какие-либо интерактивные объекты.

Например, с помощью простого фрагмента кода JavaScript можно получить эффект изменения изображения базового интерактивного элемента «кнопка» (рис. 6).

```

```

Рисунок 6. Фрагмент кода изменения изображения

В представленном коде присутствуют четыре события изображения: `onmouseover`, `onmousedown`, `onmouseout` и `onmouseup`. Каждое событие фрагментом кода JavaScript изменяет атрибут `src` изображения, приводя его в соответствии с первоначальной идеей разработки динамического сайта с базовыми интерактивными объектами.

### Дискуссия

Описанная в работе специфика показывает, что создание динамического сайта с базовыми интерактивными объектами может привести к интересным результатам, когда при уменьшении размеров предоставляемого контента сайта объем информации может увеличиваться на 36 – 90%. При этом, в отличие от указанных в [1] сложностей при разработке или манипуляций с дизайном [11], в предложенном решении используется чистый код JavaScript, включая изменения контейнеров стиля CSS для создания эластичной структуры Web-страницы.

Анализируя сеть Интернет можно отметить, что в настоящее время большинство сайтов являются динамичными под управлением CMS. Хотя CMS не конструктор, а именно система, имеющаяся оболочка управления позволяет получить некоторый установленный функционал с возможностью расширения. Разработка динамических сайтов под CMS требует больше трудозатрат при установке системы и разработке сайта, однако имеет такие преимущества, как большой функционал, не требующий программирования, простота наполнения и управления сайтом. Даже изменение дизайна такого сайта не требует значительных знаний Web-программирования. Структура сайта, добавление и удаление страниц, новый шаблон можно изменить за несколько минут. Однако тот же HTML-сайт при постановке таких задач приходится переписывать с нуля [13].

Но предложенное в работе решение позволяет преобразовать тот же HTML-сайт без потери информации и значительных трудозатрат. Акцентируя внимание на [12], последнее утверждение не является новым, если не учитывать тот факт, что предлагается изменять не только шаблон, делая его гибким, но и коренным образом перестраивать структуру сайта, структурируя информацию и выдавая ее в зависимости от заложенных параметров демонстрации на различных устройствах и экранах.

То есть, создание динамического сайта под CMS – это просто и доступно в большинстве случаев. Однако, при использовании таких сайтов для поддержки учебного процесса [3], особенно проводимого в дистанционном режиме, часто необходимо применение значительного числа интерактивных объектов, позволяющих приблизить виртуальный урок максимально к требованиям очного образования. Здесь важными становятся разнообразные переходы между отдельными контейнерами, в которых содержится материал, с четким ограничением по времени, позволяющим выстроить все объекты в часовом отрезке стандартного урока. Именно поэтому динамические сайты под CMS в дистанционном образовании не получили значительной поддержки.

Создание HTML-сайта с оперирование только стилями CSS [1, 7] также не позволяет полностью решить поставленную задачу. С помощью CSS можно создать гибкий сайт, где все объекты будут изменять свои размеры в зависимости от величины и ориентации экрана электронного устройства [5]. Как утверждает [11], с этим можно справиться с помощью грамотного объединения адаптивных слоев, картинок и разметки. Но при этом автор подчеркивает, что адаптивные слои являются частой практикой, а вот с адаптивными картинками немного сложнее – здесь нужна кропотливая работа дизайнеров, чтобы передать изображение без искажений в измененном формате.

Для этого существует определенная техника, над совершенствованием которой работают программисты, исследователи и дизайнеры.

Особенность предлагаемого в данной работе решения – изменение контейнеров с одновременными изменениями содержимого, то есть, тех же рисунков. Для Web-программиста это несколько добавляет работы: необходимо прописать изменения позиций иллюстрации. Но одновременно это действие значительно «облегчает» сайт, поскольку не нужно сберегать измененные изображения для разных экранов, не требует адаптации остальных элементов дизайна (резка, обработка, разделение или объединение).

В целом, предложенное в работе решение не является конечным и априорным. Данная разработка показывает один из аспектов возможного подхода к программированию динамических сайтов с гибкой структурой документа на основе HTML, со стилями, позволяющими изменять внешний вид этого документа вместе с изображениями и определёнными объектами, которые могут как давать гипертекстовые переходы, подключать аудио и видеофайлы, так и с помощью скриптов добавлять прочие эффекты. Скрипты могут быть созданы с помощью объектно-ориентированного языка программирования JavaScript, подключаются также, как и стили и могут быть написаны или внутри Web-страницы, или подключены, как внешние файлы. Хотя и в данном случае, часть возможностей JavaScript может быть реализована с помощью стилей CSS.

### Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать ряд выводов в отношении Web-программирования динамических сайтов с базовыми интерактивными элементами.

Во-первых, при открытии сайта в браузере пользователь видит текст, а для программиста этот текст представлен как модель документа в виде контейнеров. Эти контейнеры и являются основой программирования для адекватного представления сайта в разных браузерах, под разными операционными системами и экранами.

Во-вторых, программирование динамического сайта требует системного подхода, когда производится задание параметров изменений от контейнеров, до полей, отступов и объектов, увязывая все размеры в определенные пропорции изменений.

В-третьих, объект document сайта дополняется скриптами, позволяющими создавать не только гибкость конструкции в целом, но и вносить изменения подачи информации в зависимости от вида электронного устройства, на котором эта информация будет считываться.

В целом необходимо отметить, что представленная специфика программирования динамических сайтов дает возможность изменить базовый подход к созданию современных сайтов, отойти от использования сайтов под CMS для обеспечения образовательной деятельности и значительно расширить возможности существующих HTML-сайтов.

### Список использованных источников:

- 1 Nixon Robin (2018). *Learning PHP, MySQL & JavaScript: With jQuery, CSS & HTML5 (Learning PHP, MySQL, Javascript, CSS & HTML5) 5th Edition*. O'Reilly Media. 832. ISBN: 978-1491978917
- 2 Wiberg Mikael. (2010) *Interaction per se: understanding "the ambience of interaction" as manifested and situated in everyday & ubiquitous IT-use // International Journal of Ambient Computing and Intelligence.*—Vol. 2, no. 2.
- 3 Ровина Е. Е. *Интерактивные элементы на учебных занятиях: несколько увлекательных идей и примеры применения / Образование и право.* – № 1. – 2021. – сс. 224 – 227. DOI: 10.24411/2076-1503-2021-00041
- 4 Liang H.-N.; Parsons P.; Wu H.-C.; Sedig K. (2010). "An exploratory study of interactivity in visualization tools: 'Flow' of interaction" (PDF). *Journal of Interactive Learning Research*. 21 (1): 5 – 45. <https://www.learntechlib.org/primary/p/32419/>
- 5 Raafat Aburukba, A. R. Al-Ali, Nourhan Kandil, Diala AbuDamis. *Configurable ZigBee-based control system for people with multiple disabilities in smart homes // 2016 International Conference on Industrial Informatics and Computer Systems (CIICS).* – IEEE, 2016-03. DOI:10.1109/ICCSII.2016.7462435
- 6 Нильсен Я., Лоранжер Х. *Web-дизайн: удобство использования Web-сайтов.* – М.: «Вильямс», 2007. – 496 с. – ISBN 0-321-35031-6.
- 7 Макфарланд Д. - С. *Новая большая книга CSS.– Санкт-Петербург: Питер, 2017. – 720 с. – ISBN 978-5-496-02080-0.*
- 8 Schwabe D., Rossi G. *The Object-Oriented Hypermedia Design Model. Communications of the ACM*, 38(8): 45 – 46. 1995.

9 Nelson A., Nelson W. (2002). *Building Electronic Commerce with Web Database Constructions*. Addison Wesley. ISBN 9780201741308.

10 *Static vs Dynamic Websites: The Differences, Advantages and Which to Use*. Nov 29, 2021. <https://www.wix.com/blog/2021/11/static-vs-dynamic-website/>

11 Маркотт И. *Отзывчивый веб-дизайн*. – М.: манн, Иванов и Фебер. – 2012. – 176 с. – ISBN 978-5-91657-385-5.

12 Вора Паван. *Шаблоны проектирования веб-приложений* // [пер. с англ. М.А. Райтмана]. – М.: Эксмо, 2012. – 576 с. <https://monster-book.com/shablony-proektirovaniya-veb-prilozheniy>

13 Браун Итан. *Изучаем JavaScript. Руководство по созданию современных веб-сайтов, 3-е изд.: Пер. с англ.* – СПб.: ООО «Альфа-книга», 2017. – 368 с.

#### References:

1 Nixon R. (2018) *Learning PHP, MySQL & JavaScript: With jQuery, CSS & HTML5 (Learning PHP, MYSQL, Javascript, CSS & HTML5) 5th Edition*. O'Reilly Media. ISBN: 978-1491978917

2 Wiberg M. (2010) *Interaction per se: understanding “the ambience of interaction” as manifested and situated in everyday & ubiquitous IT-use*. *International Journal of Ambient Computing and Intelligence*, Vol. 2(2), 1-26.

3 Rovina E. E. (2021) *Interaktivnyye elementy na uchebnykh zanyatiyah: neskolko uvlekatelnykh idej i primery primeneniya [Interactive elements in learning lessons: Some fascinating ideas and examples of application]*. *Obrazovanie i Pravo*, No. 1, 224-227. (in Russian). DOI: 10.24411/2076-1503-2021-00041 (In Russian)

4 Liang H. N., Parsons P. C., Wu H. C., Sedig K. (2010) *An exploratory study of interactivity in visualization tools: 'Flow' of interaction*. *Journal of Interactive Learning Research*. Vol. 21 (1), 5 – 45. <https://www.learntechlib.org/primary/p/32419/>

5 Aburukba R., Al-Ali A. R., Kandil N., AbuDamis D. (2016) *Configurable ZigBee-based control system for people with multiple disabilities in smart homes*. In *2016 International Conference on Industrial Informatics and Computer Systems (IIICS)*. IEEE. DOI:10.1109/IIICSII.2016.7462435

6 Nilsen YA., Loranzher H. (2007) *Veb-dizajn: udobstvo ispolzovaniya Web-sajtov [Web design. Ease of use of Web -sites]*. М.: Vilyams. ISBN 0-321-35031-6. (in Russian)

7 Makfarland D. S. (2017) *Novaya bolshaya kniga CSS [The New Big Book of CSS]*. St. P.: Piter. ISBN 978-5-496-02080-0. (in Russian)

8 Schwabe D., Rossi G. (1995) *The Object-Oriented Hypermedia Design Model*. *Communications of the ACM*, Vol. 38(8), 45 – 46.

9 Nelson A., Nelson W. (2002) *Building Electronic Commerce with Web Database Constructions*. Addison Wesley. ISBN 9780201741308.

10 *Static vs Dynamic Websites: The Differences, Advantages and Which to Use*. Nov 29, 2021. <https://www.wix.com/blog/2021/11/static-vs-dynamic-website/>

11 Markott, I. (2012) *Otzyvchivyy Web-dizajn [Responsive Web Design]*. М.: Ivanov i Feber. ISBN 978-5-91657-385-5 (in Russian)

12 Vora, P. (2011). *Shablony proektirovaniya veb-prilozhenij [Web Application Design Patterns]*. М.: Eksmo. <https://monster-book.com/shablony-proektirovaniya-veb-prilozheniy> (in Russian)

13 Braun I. (2017) *Izuchaem JavaScript. Rukovodstvo po sozdaniyu sovremennykh veb-sajtov [Learning JavaScript. A guide to creating modern Web-sites]*, 3th Edition. St. P.: Alfa-kniga. (in Russian)



Қ.Т. Қожахмет<sup>1</sup>, А.М. Өмірәлі<sup>1\*</sup>, Д.А. Баязитов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НАО «Университет Нархоз», г.Алматы, Казахстан  
\*e-mail: aikumis.omirali@gmail.com

## ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ИСТИННЫХ И ЛОЖНЫХ ВЫСКАЗЫВАНИЙ

### Аннотация

В статье рассматриваются новейшие методы обнаружения ложной информации и проверки подлинности высказываний на основе искусственного интеллекта. В качестве перспективных решений по обнаружению фальсификаций обсуждается использование нейронных сетей для классификации текста, методов компьютерного зрения и обработки изображений и видео, а также алгоритмов обработки естественного языка. В статье подчеркивается точность и эффективность этих методов при выявлении истинных и ложных утверждений. В том числе, отмечаются проблемы с обеспечением точности моделей искусственного интеллекта и необходимость опережать развивающиеся технологии, используемые для создания фальсификаций. В заключении авторы пришли к выводу о том, что имеется острая необходимость в развитии методов обнаружения фальсификаций, основанных на искусственном интеллекте, что в дальнейшем даст возможность своевременного выявления дезинформации и определения методов их устранения.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, обнаружение обмана, нейронные сети, методы компьютерного зрения, методы классификации текста, алгоритмы обработки естественного языка.

### Аңдатпа

Қ.Т. Қожахмет<sup>1</sup>, А.М. Өмірәлі<sup>1</sup>, Д.А. Баязитов<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>«Нархоз Университеті» КеАҚ, Алматы қ., Қазақстан

## ШЫНАЙЫ ЖӘНЕ ЖАЛҒАН МӘЛІМДЕМЕЛЕРДІ АНЫҚТАУДЫҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ӘДІСТЕРІ

Бұл мақалада жалған ақпаратты анықтаудың және жасанды интеллектке негізделген мәлімдемелердің түпнұсқалығын тексерудің соңғы әдістері қарастырылған. Жалған ақпаратты анықтаудың перспективалық шешімдері ретінде мәтінді жіктеу үшін нейрондық желілерді, компьютерлік көру әдістерін және кескіндер мен бейнелерді өңдеу әдістерін, сондай-ақ табиғи тілді өңдеу алгоритмдерін пайдалану талқыланады. Мақалада шынайы және жалған мәлімдемелерді анықтауда осы әдістердің дәлдігі мен тиімділігі көрсетілген. Оның ішінде жасанды интеллект модельдерінің дәлдігін қамтамасыз етудегі проблемалар және бұрмалануларды жасау үшін қолданылатын дамып келе жатқан технологиялардан озып кету қажеттілігі атап өтіледі. Қорытындылай келе, авторлар жасанды интеллектке негізделген жалғандықтарды анықтау әдістерін дамытудың шұғыл қажеттілігі бар деген қорытындыға келді, бұл кейіннен жалған ақпаратты уақтылы анықтауға және оларды жою әдістерін анықтауға мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** жасанды интеллект, жалған ақпаратты анықтау, нейрондық желілер, компьютерлік көру әдістері, мәтінді жіктеу әдістері, табиғи тілді өңдеу алгоритмдері.

### Abstract

## INNOVATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS TO IDENTIFY TRUE AND FALSE STATEMENTS

Kozhakhmet K.T.<sup>1</sup>, Omirali A.M.<sup>1</sup>, Bayazitov D.A.<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>NJSC «Narxoz University», Almaty, Kazakhstan

This article discusses the latest methods of detecting false information and verifying the authenticity of statements based on artificial intelligence. The use of neural networks for text classification, computer vision and image and video processing methods, as well as natural language processing algorithms are discussed as promising solutions for deception detection. The article emphasizes the accuracy and effectiveness of these methods in identifying true and false statements. In particular, problems with ensuring the accuracy of artificial intelligence models and the need to stay ahead of developing technologies used to create falsifications are noted. In conclusion, the authors came to the idea that there is an urgent need for the development of methods for deception detection based on artificial intelligence, which further makes it possible to detect misinformation in a timely manner and determine methods for their elimination.

**Keywords:** artificial intelligence, deception detection, neural networks, computer vision methods, methods for text classification, natural language processing algorithms.

## **Введение**

В эпоху цифровых технологий информация играет важнейшую роль в принятии решений в различных областях, таких как политика, бизнес и образование. Однако с возросшей легкостью создания и распространения информации, проблема обнаружения ложной или вводящей в заблуждение информации стала серьезной проблемой. Ложная информация может принимать различные формы, включая фальсифицированные изображения, видео-манипуляции и ложные заявления.

Для борьбы с этой проблемой требуются инновационные подходы к выявлению истинных и (или) ложных утверждений. Растущее распространение информации, как истинной, так и ложной, привело к разработке инновационных подходов и баз данных для выявления подлинной или ложной информации. Использование алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ), таких как машинное обучение и обработка естественного языка, открывает потенциал для повышения точности и эффективности проверки информации.

Один из подходов к проблеме проверки утверждений основан на использовании нейронных сетей, в частности рекуррентных нейронных сетей (Recurrent neural networks (далее – RNNs)). RNNs являются мощным инструментом для анализа последовательностей данных и позволяют выявлять ложные утверждения. Исследования показали, что RNNs эффективны в обнаружении слухов в микроблогах [1]. Этот подход позволяет автоматически анализировать текстовые данные и идентифицировать вероятность их достоверности.

Другой подход заключается в использовании методов, основанных на знаниях. Эти методы используют большие базы знаний, такие как Всемирная паутина, для поддержки процесса проверки [2]. Базы знаний содержат информацию, которая может быть использована для сопоставления и проверки фактов и утверждений.

В дополнение к алгоритмическим подходам, наличие больших и разнообразных источников данных имеет решающее значение для обучения и оценки систем обнаружения лжи. Эти источники данных могут включать новостные статьи, сообщения в социальных сетях и другие источники информации. Разработка специализированных наборов данных для обнаружения поддельных новостей [3] стала важным шагом вперед в этом направлении. Чем больше разнообразных данных доступно для обучения системы, тем точнее и эффективнее она может стать в выявлении лжи.

Однако, несмотря на потенциальные преимущества вышеуказанных подходов, существуют ограничения и предубеждения, которые необходимо устранить. Например, на классификацию достоверности автоматизированных систем проверки фактов могут влиять политические или идеологические предубеждения источников, используемых в процессе машинного обучения [4]. Это может привести к искажению результатов и неправильной классификации информации.

В целом, разработка инновационных подходов и использование ИИ в обнаружении ложной информации и проверке подлинности является важной областью исследований. Непрерывное развитие и совершенствование этих методов позволит более эффективно бороться с проблемой фальсификации и дезинформации в цифровой эпохе.

## **Методологические подходы**

Рассматриваются следующие методологические подходы по обнаружению истинной и (или) ложной информации на основе ИИ: методы классификации текстов, методы экспертизы изображений, аудио и видео, методы обработки естественного языка, мультимодальный подход обнаружения истинных и (или) ложных высказываний.

### *Методы классификации текстов (Methods for Text Classification)*

Методы классификации текстов являются важной частью современной обработки естественного языка и имеют огромное значение в обнаружении ложной информации.

Нейронные сети для классификации текста. В данном контексте нейронные сети представляют собой мощные алгоритмы машинного обучения, которые могут обучаться на больших объемах текстовых данных. Они способны анализировать текст и классифицировать его на категории, такие как "истинная" и "ложная" информация. Эти модели требуют больших объемов размеченных данных, где каждый текст снабжен меткой, указывающей на его правдивость.

Применение нейронных сетей. Нейронные сети могут быть обучены на разнообразных типах текстов. Например, их можно обучить на наборе данных, содержащем как правдивые, так и ложные новостные статьи. После обучения такой модели она способна делать прогнозы относительно

подлинности новой, неизвестной статьи. Это означает, что эти нейронные сети могут быть использованы для автоматического обнаружения фейковых новостей.

Сверточные нейронные сети (CNNs). CNNs - это один из видов нейронных сетей, которые успешно применяются для обработки текста. Они обычно используются для анализа коротких текстов, таких как твиты. Их особенностью является способность выявления паттернов и взаимосвязей между словами в тексте, что делает их эффективными в выявлении ложной информации в кратких текстах.

Рекуррентные нейронные сети (RNN). RNNs - это другой вид нейронных сетей, предназначенных для обработки последовательных данных, таких как текст. Они лучше справляются с более длинными текстами, такими как новостные статьи, благодаря способности "понимать" контекст и зависимости между словами и предложениями.

Обучение на размеченных данных. Для успешной классификации текстов на истинные и ложные, эти нейронные сети требуют больших объемов размеченных данных [3]. Это означает, что их необходимо обучать на больших наборах текстов, где каждый текст помечен соответствующей меткой.

Высокая точность. Одной из ключевых характеристик нейронных сетей для классификации текстов является высокая точность. Эти модели, когда правильно обучены, могут давать высокие результаты в обнаружении ложной информации.

Использование нейронных сетей, таких как CNNs и RNNs, для классификации текстов с целью обнаружения ложной информации, является мощным и эффективным методом. Эти методы могут быть применены к различным типам текстов и способны достигать высокой точности в выявлении ложной информации, что является критически важным в контексте борьбы с дезинформацией.

#### *Методы экспертизы изображений и видео (Methods for Image and Video Forensics)*

Методы экспертизы изображений и видео сегодня являются важной составной частью современной цифровой эпохи, где фальсификации и манипуляции с изображениями и видео распространяются с невиданным ранее масштабом. Искусственный интеллект предоставляет мощные инструменты для выявления таких манипуляций с высокой точностью и эффективностью.

Обнаружение глубоких подделок. Одним из выдающихся примеров в данной области является использование алгоритмов глубокого обучения, включая глубокие нейронные сети, для выявления так называемых глубоких подделок. Глубокие подделки - это видеозаписи, в которых лицо или голос человека заменены или искажены с помощью передовых методов искусственного интеллекта. Обучая модели на наборе данных, содержащем как оригинальные, так и поддельные видеоролики, можно добиться высокой точности в обнаружении таких манипуляций.

Техники обнаружения фальсификаций. Для обнаружения фальсифицированных изображений и видео применяются разнообразные техники и алгоритмы компьютерного зрения. Один из подходов основан на анализе текстуры и структуры изображений, что позволяет выявлять аномальные паттерны, свидетельствующие о фальсификации. Другие методы используют анализ стеганографических или цифровых следов, оставленных при редактировании изображений или видео.

Важным аспектом эффективности методов обнаружения фальсификаций является обучение на больших и разнообразных наборах данных. Эти наборы данных должны включать как оригинальные, так и обработанные изображения и видео, чтобы модели могли научиться распознавать характеристики фальсификации и различать их от подлинного контента.

Перспективы развития области. Область обнаружения фальсификаций в мире изображений и видео находится в постоянном состоянии эволюции и предоставляет несметные возможности для дальнейшего развития исследований и инноваций. В этом разделе мы рассмотрим более широкий спектр перспективных направлений, которые ожидают нас в ближайшие годы. Одним из наиболее интересных и активно исследуемых направлений является использование генеративных моделей. Генеративные алгоритмы, такие как генеративные состязательные сети (GANs), предоставляют новые возможности для создания и детектирования фальсификаций. С их помощью можно создавать реалистичные фейковые изображения и видео, а также разрабатывать более продвинутые методы обнаружения на основе анализа отклонений от ожидаемых генеративных моделей. В развитие области вносит вклад маркеры редактирования, которые являются своего рода цифровыми следами, оставленными при манипуляциях с изображениями и видео. Ученые активно работают над созданием инструментов и алгоритмов, которые могли бы точно выявлять такие маркеры и помогать в форензическом анализе данных, что имеет большое значение для правопорядка и судебных исследований. Один из наиболее перспективных трендов - это анализ контекста и семантики визуальных данных. Модели, способные понимать смысл и связи между объектами на изображениях

и видео, становятся более точными в выявлении фальсификаций. Это позволяет более тонко различать подлинные события и объекты от фейковых. С развитием аппаратного обеспечения и оптимизации алгоритмов, методы обнаружения фальсификаций становятся быстрее и более доступными. Это позволяет их применение в реальном времени для защиты информации и контроля за достоверностью мультимедийных данных, что актуально в сферах безопасности, медицины и журналистики. Новые исследования идут в направлении объединения различных модальностей данных, таких как изображения и аудио. Это позволяет создавать более надежные системы обнаружения, способные выявлять фальсификации, учитывая несколько аспектов информации одновременно. Важным аспектом развития области является сотрудничество между исследователями, инженерами и законодателями. Вместе с техническими аспектами также нужно обсуждать этические и правовые вопросы, связанные с использованием методов обнаружения фальсификаций.

Методы экспертизы изображений и видео на основе искусственного интеллекта представляют собой важное направление исследований и разработки в борьбе с фальсификациями и манипуляциями в мультимедийных данных. Они обеспечивают высокую точность и эффективность при выявлении разнообразных форм манипуляций, что является критически важным в современном информационном мире.

#### *Методы обработки естественного языка (Methods for Natural Language Processing)*

Алгоритмы обработки естественного языка (Natural Language Processing, NLP) являются мощным инструментом для обнаружения ложных утверждений в письменном или устном тексте. NLP-алгоритмы могут использоваться для различных целей, таких как выявление поддельных новостных статей, выявление плагиата или выявление кампаний по дезинформации на платформах социальных сетей.

Одним из примеров применения NLP для обнаружения ложных утверждений является использование алгоритмов классификации текста. Эти алгоритмы обучаются на больших наборах данных, содержащих помеченные тексты, и могут классифицировать новые тексты как истинные или ложные. Например, модель NLP может быть обучена на новостных статьях и использоваться для определения подлинности новых статей, выявляя ложные утверждения и фальсификации.

Другой подход, используемый в NLP для обнаружения ложных утверждений, - это анализ контекста и семантики текста. Алгоритмы могут исследовать связи между словами и фразами в тексте, а также использовать знания о мире, чтобы определить, является ли утверждение правдивым или ложным. Например, алгоритмы могут проверять факты и статистические данные, сопоставлять информацию с надежными источниками или определять несоответствия и противоречия в тексте.

При обучении алгоритмов NLP на данных помеченных текстовых наборов, важно иметь доступ к широкому спектру текстов, включая различные тематики и стили. Это помогает моделям обучаться на разнообразных примерах и адаптироваться к различным контекстам. Кроме того, обучение на актуальных и обновляемых данных позволяет алгоритмам быть в курсе новых форм ложной информации и дезинформации.

Визуализация результатов обработки текста также может быть полезной для анализа и интерпретации результатов. Например, можно создать облако тегов или график наиболее часто встречающихся слов или фраз в текстах, помеченных как ложные или истинные. Это позволит исследователям видеть ключевые термины, связанные с ложной информацией, и поможет лучше понять особенности ложных утверждений.

Семантический анализ и связанные события. Алгоритмы NLP могут анализировать не только отдельные утверждения, но и их связь с другими событиями. Например, они могут определять, имеются ли подтверждающие факты или события, которые противоречат данному утверждению, что помогает выявить ложные утверждения.

Анализ тональности. Анализ тональности текста является важной составной частью NLP. Этот аспект позволяет определять эмоциональную окраску текста и выявлять, был ли текст создан с целью манипуляции эмоциями аудитории.

Социальные сети и онлайн-платформы. NLP-алгоритмы могут активно применяться для обнаружения дезинформации и фейковых новостей на платформах социальных сетей. Они могут анализировать комментарии, посты и новости, выявляя нежелательное поведение, распространение ложной информации и создание ботов.

Спам и фишинг. NLP-алгоритмы также могут помочь в выявлении спама и фишинга в электронной почте и сообщениях. Они анализируют текст сообщений и идентифицируют признаки, характерные для нежелательных сообщений.

Обнаружение сентиментальных атак. Это подразумевает создание текстов, в которых сентимент или намерения автора искажены, чтобы ввести в заблуждение аудиторию. NLP-алгоритмы способны выявлять такие атаки путем анализа лингвистических и семантических аномалий.

Обработка мультимодальных данных. NLP не ограничивается только текстом. Современные методы NLP способны обрабатывать комбинации текстовых, аудио- и видеоданных, что позволяет более полно и точно выявлять манипуляции в мультимедийных контентях.

Социальная значимость. Важно также отметить социальную значимость борьбы с ложной информацией. Эффективное обнаружение ложных утверждений помогает снижать воздействие дезинформации на общество и обеспечивать информационную безопасность.

Обучение на больших данных и обновление моделей: Для обеспечения высокой точности и актуальности алгоритмов NLP, они должны быть обучены на больших, разнообразных и актуальных наборах данных. Регулярное обновление моделей позволяет адаптироваться к новым формам и методам распространения ложной информации.

Использование алгоритмов обработки естественного языка на основе искусственного интеллекта предоставляет мощный инструмент для борьбы с ложной информацией. Продолжающиеся исследования и разработки в области NLP позволяют улучшать эффективность и точность обнаружения ложных утверждений и помогают обеспечивать более достоверную информацию в различных областях.

#### *Мультимодальный подход обнаружения истинных и (или) ложных высказываний*

Мультимодальный подход объединяет несколько модальностей данных, таких как текст, изображения, аудио и видео, для обнаружения истинных и (или) ложных высказываний. Использование нескольких модальностей позволяет получить более полное представление информации и повысить точность обнаружения ложной информации.

Примером мультимодального подхода является использование комбинации текстового содержания и соответствующих изображений или видео. Например, можно анализировать текстовое содержание новостной статьи и сопоставлять его с изображениями, представленными в статье. Если содержание текста и изображения не согласуются, это может указывать на возможную ложную информацию.

Для реализации мультимодального подхода можно использовать глубокое обучение и нейронные сети. Например, можно использовать сверточные нейронные сети для обработки изображений и видео, а рекуррентные нейронные сети или алгоритмы обработки естественного языка для анализа текстового содержания. Затем результаты каждой модальности могут быть объединены и проанализированы для принятия окончательного решения о подлинности высказывания.

Применение мультимодального подхода требует доступа к разнообразным и размеченным наборам данных, содержащим информацию из различных модальностей. Эти данные могут быть получены из разных источников, таких как новостные сайты, социальные сети, видеоплатформы и другие. Обучение моделей на таких данных поможет иметь более всесторонний подход к обнаружению ложной информации.

Мультимодальный подход может быть особенно полезным в случаях, когда одна модальность данных может быть подвержена фальсификации или манипуляции, но другие модальности могут содержать дополнительные подтверждающие или противоречащие информации. В результате это позволяет создавать более надежные системы обнаружения ложной информации.

В исследовании [5] используется мультимодальный подход к обучению. В качестве набора данных используется [6]. Авторы воспользовались алгоритмом глубокой сверточной нейронной сети CNN для извлечения характеристик и для дальнейшего обучения. Визуальные характеристики извлекаются из видео с помощью 3D CNN [7]. Наилучшие результаты были получены с использованием 10-слойной архитектуры. Также, для извлечения характеристик из текста была использована модель CNN. Каждое высказывание представляется в виде вектора объединения составляющих слов. Звуковые характеристики, такие как высота тона и интенсивность голоса, извлекаются с помощью программного обеспечения OpenSmile [8]. Для мультимодального слияния было использовано 2 метода: раннее слияние и позднее слияние. При слиянии на раннем этапе характеристики извлекаются из входных данных. Затем характеристики объединяются и передаются в классификатор. Этот метод использует корреляцию между несколькими характеристиками на ранней стадии, что часто приводит к лучшему

выполнению задачи. В позднем слиянии одномодальные классификаторы используются для определения прогноза по каждому типу данных. Затем локальные прогнозы объединяются в единый вектор, который далее классифицируется для получения окончательного решения. Результаты исследования одномодального и мультимодального классификатора показаны в таблицах 1,2.

Таблица 1. Точность одномодального классификатора

Модальность	Точность (Accuracy)
Видео (В)	78.57%
Аудио (А)	87.5%
Текст (Т)	83.78%

Таблица 2. Точность мультимодального классификатора

Модальность	Точность (Accuracy)	
	Позднее слияние	Раннее слияние
A + B	85%	89.1%
B + T	87%	91.8%
A + T	86%	91.9%
A + B + T	92%	96.4%

### Результаты и перспективы развития

Обнаружение фальсификаций на основе искусственного интеллекта не лишено своих проблем. Одной из основных трудностей является обеспечение точности моделей искусственного интеллекта. Важно использовать большие и разнообразные наборы данных для обучения моделей, чтобы они могли точно идентифицировать фальсификации в широком диапазоне ситуаций. Кроме того, по мере развития технологий методы, используемые для фальсификации информации, также будут развиваться, и важно постоянно обновлять модели, чтобы оставаться на шаг впереди. Базы данных обнаружения обмана собираются с использованием различных модальностей, таких как, визуальные, акустические, физиологические, данные с электроэнцефалограммы (далее – ЭЭГ) и глазной взгляд.

Существующие работы по обнаружению обмана широко используют наборы данных, как показано в таблице 3.

Таблица 3. Наборы данных для обнаружения обмана

№	Набор данных	Стратегия сбора данных	Модальности	Результаты
1	База данных "Box of Lies" [9]	Реалистичный сценарий	Только видео	69 %
2	Мультимодальный набор данных для обнаружения обмана [6]	Гипотетический сценарий	Визуальные, акустические, физиологические и тепловые	-
3	"Bag of lies": мультимодальный набор данных для обнаружения обмана [10]	Реалистичный сценарий	Видео, аудио, ЭЭГ и глазной взгляд	66,17 %
4	Обнаружение обмана с высокой долей вероятности [11]	Ситуации с высокими ставками	Только видео	76,92 %
5	База данных обнаружения обмана Университета Майами [12]	Реалистичный сценарий	Только видео	52 %
6	База данных "Silesian" [13]	Гипотетический сценарий	Только видео	-
7	Реальная база данных обнаружения обмана [14]	Реалистичный сценарий	Только видео	87,7 %
8	Набор данных "UR Lying" [15]	Сценарий игры с лабораторным управлением	Только видео	75 %

В таблице 3 показаны наборы данных в виде аудио и видео материалов, собранные в разных сценариях и различных ситуациях. В целом приведены 8 наборов модальных данных, включающие аудио, видео, ЭЭГ, термо модальности. Также показаны стратегии сбора данных и результаты, которые исследователи получили с этими наборами данных. Многие из наборов данных как бы сосредоточены на одной методологии, в следствии чего уменьшается точность обучения модели, что влияет на принятие решений и ограничивает возможности искусственного интеллекта [10]. В таблице также даны результаты исследований в виде точности обучения модели, в том числе стратегии сбора данных. В частности, анализ видео показал, что записи с более высокой долей вероятности обнаружения истинности высказываний, как правило, оценивались как более честные. С другой стороны, записи с более умеренными тревожными ситуациями были оценены как менее честные [12]. Исходя из этого, можно сделать вывод, что эффективно проводить только сбор медиаданных, так как в режиме реального времени будет сложно проводить сбор данных о терме, ЭЭГ и т.д. Однако отмечается, что существует очень мало медиаданных для обучения модели ИИ.

Следует отметить в целом, что проведенные исследования представленных наборов данных рекомендуют следующее: общие характеристики видео (например, длительность) и оценки качества видео в целом (например, четкость изображения) должны быть согласованы и взаимосвязаны для правильного восприятия с целью избежания субъективных оценок. В частности, исследователями подчеркивается, что записи с более высокой вероятностью лжи (“High-Stakes Deception Detection Based on Facial Expressions”), как правило, оценивались как более правдивые, тогда как записи с низкой вероятностью лжи были оценены как менее правдивые. Исследования целевой аудитории (“База данных обнаружения обмана Университета Майами”) также подтвердили этот вывод. Более того, для повышения точности результатов необходимо включить больше характеристик в анализ аудио-видео материала [12], что является дальнейшей перспективной задачей для авторов статьи.

### **Заключение**

Исследование и применение искусственного интеллекта в области проверки утверждений представляют собой важную и быстро развивающуюся область, которая имеет потенциал существенно повлиять на борьбу с дезинформацией и фальсификациями. Путем развития методов обнаружения фальсификаций, использующих нейронные сети, компьютерное зрение, обработку изображений и обработку естественного языка, можно достичь более эффективного выявления и предотвращения распространения ложной информации.

Однако необходимо признать, что точность и эффективность таких моделей требуют дальнейших исследований. С учетом развития технологий создания фальсифицированной информации, важно продолжать разрабатывать и совершенствовать методы обнаружения. Это включает работу по устранению ограничений и предвзятости существующих подходов, а также разработку новых алгоритмов и источников данных для определения истинных и ложных высказываний.

В целом, применение искусственного интеллекта в области проверки утверждений предоставляет возможность более эффективно бороться с дезинформацией и фальсификациями, но требует постоянного развития и совершенствования. Только через продолжение исследований и совместных усилий мы сможем добиться более надежных и точных инструментов для выявления и борьбы с фальсификациями и поддержания информационного пространства.

Кроме того, важно обратить внимание на разработку и оценку новых алгоритмов и источников данных для определения истинных и ложных высказываний. Необходимо сосредоточиться на создании надежных и разнообразных наборов данных, которые охватывают широкий спектр тематик и типов фальсификаций. Это позволит улучшить обучение моделей и улучшить их обобщающую способность.

В этой связи необходимо продолжить работу по устранению предвзятости и ограничений, существующих в текущих моделях и алгоритмах. Находить баланс между точностью и объемом ложноположительных и ложноотрицательных срабатываний является сложной задачей, и требуется активное исследование для достижения оптимальных результатов.

Следует подчеркнуть, что совместные усилия и взаимодействие между исследовательскими группами, обществом и государственными организациями являются важными для прогресса в этой области. Постоянный обмен знаниями, распространение лучших практик и координация усилий помогут ускорить развитие методов обнаружения фальсификаций и повысить их эффективность.

Таким образом, использование искусственного интеллекта в области проверки утверждений имеет огромный потенциал для борьбы с дезинформацией и фальсификациями. Несмотря на существующие вызовы, разработка и совершенствование этих методов должны быть приоритетными задачами, чтобы обеспечить достоверность информации в нашем информационном обществе.

Исследование выполнено в рамках грантового финансирования МНУВО по проекту AP13068084 «Разработка технологии детектирования аномального (обманчивого) поведения респондента с использованием алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ) на основе изменения характеристик голоса и речи» (конкурс молодых ученых по научным и (или) научно-техническим проектам на 2022-2024 годы).

Список использованной литературы:

- 1 Jing Ma, Wei Gao, Prasenjit Mitra, Sejeong Kwon, Bernard J. Jansen, Kam-Fai Wong, and Meeyoung Cha. 2016. Detecting rumors from microblogs with recurrent neural networks. In *Proceedings of the Twenty-Fifth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'16)*. AAAI Press, 3818–3824.
- 2 Xin Luna Dong, Evgeniy Gabrilovich, Kevin Murphy, Van Dang, Wilko Horn, Camillo Lugaresi, Shaohua Sun, and Wei Zhang. 2015. Knowledge-based trust: estimating the trustworthiness of web sources. *Proc. VLDB Endow.* 8, 9 (May 2015), 938–949. <https://doi.org/10.14778/2777598.2777603>.
- 3 William Yang Wang. 2017. "Liar, Liar Pants on Fire": A New Benchmark Dataset for Fake News Detection. In *Proceedings of the 55th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 2: Short Papers)*, pages 422–426, Vancouver, Canada. Association for Computational Linguistics.
- 4 Zhijiang Guo, Michael Schlichtkrull, Andreas Vlachos; A Survey on Automated Fact-Checking. *Transactions of the Association for Computational Linguistics* 2022; 10 178–206. doi: [https://doi.org/10.1162/tacl\\_a\\_00454](https://doi.org/10.1162/tacl_a_00454).
- 5 Mandar Gogate, Ahsan Adeel, Amir Hussain. "Deep learning driven multimodal fusion for automated deception detection". *IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)*. 2017.
- 6 Verónica Pérez-Rosas, Rada Mihalcea, Alexis Narvaez, and Mihai Burzo. 2014. A Multimodal Dataset for Deception Detection. In *Proceedings of the Ninth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'14)*, pages 3118–3122, Reykjavik, Iceland. European Language Resources Association (ELRA).
- 7 S. Ji, W. Xu, M. Yang, and K. Yu. "3d convolutional neural networks for human action recognition". *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*. 2013. vol. 35. no. 1. pp. 221–231.
- 8 F. Eyben, F. Weninger, F. Gross, and B. Schuller. "Recent developments in opensmile, the munich open-source multimedia feature extractor". *Proceedings of the 21st ACM international conference on Multimedia*. ACM. 2013. pp. 835–838.
- 9 Felix Soldner, Verónica Pérez-Rosas, and Rada Mihalcea. 2019. Box of Lies: Multimodal Deception Detection in Dialogues. In *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Volume 1 (Long and Short Papers)*, pages 1768–1777, Minneapolis, Minnesota. Association for Computational Linguistics.
- 10 Viresh Gupta, Mohit Agarwal, Manik Arora, Tanmoy Chakraborty, Richa Singh and Mayank Vatsa, "Bag-of-Lies: A Multimodal Dataset for Deception Detection," 2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), 2019, pp. 83-90, <https://doi.org/10.1109/CVPRW.2019.00016>.
- 11 Lin Su and Martin D. Levine, "High-Stakes Deception Detection Based on Facial Expressions," 2014 22nd International Conference on Pattern Recognition, 2014, pp. 2519-2524, <https://doi.org/10.1109/ICPR.2014.435>.
- 12 Lloyd E. Paige, Jason C. Deska, Kurt Hugenberg, et al. Miami University deception detection database. *Behav Res* 51, 429–439 (2019). <https://doi.org/10.3758/s13428-018-1061-4>.
- 13 Radlak, Krystian & Božek, Maciej & Smolka, Bogdan. (2015). Silesian Deception Database: Presentation and Analysis. 29-35. <https://doi.org/10.1145/2823465.2823469>.
- 14 Pérez-Rosas, Verónica & Abouelenien, Mohamed & Mihalcea, Rada & Xiao, Yao & Linton, CJ & Burzo, Mihai. (2015). Verbal and Nonverbal Clues for Real-life Deception Detection. 2336-2346. <https://doi.org/10.18653/v1/D15-1281>.
- 15 Leena Mathur and Maja J. Matarić, "Unsupervised Audio-Visual Subspace Alignment for High-Stakes Deception Detection," ICASSP 2021 - 2021 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2021, pp. 2255-2259, <https://doi.org/10.1109/ICASSP39728.2021.9413550>.



А.А. Скабылов<sup>1\*</sup>, Д.М. Жексебай<sup>1</sup>, М.К. Ибраимов<sup>1</sup>, Е.Д.Налибаев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан  
\* e-mail: skabylov212@gmail.com

## ПРИМЕНЕНИЕ ХАОТИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ СЕКРЕТНОГО КЛЮЧА В ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩИХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ

### Аннотация

Хаотические генераторы псевдослучайных последовательностей (ПСП) на основе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) являются эффективным средством получения высокоэнтропийных ПСП с отличными свойствами статистической независимости. В данной статье рассмотрены основные принципы работы таких генераторов и представлены примеры их реализации на нелинейных динамических системах, включая системы Чуа и Ресслера. Хаотические генераторы обладают сложным детерминированным поведением, которое позволяет получать псевдослучайные последовательности высокой сложности. Использование ПСП на основе хаотических генераторов находит применение в различных областях науки и техники, таких как шифрования данных, радиосвязь и передача информации. Дальнейшее исследование и разработка хаотических генераторов может привести к расширению их применимости в современных технологиях и обеспечить высокий уровень безопасности и эффективности в различных системах.

**Ключевые слова:** хаотический генератор, динамические системы, FPGA, информационные технологии, цифровые схемы, криптография.

### Аңдатпа

Ә.Ә. Сқабылов<sup>1</sup>, Д.М. Жексебай<sup>1</sup>, М.К. Ибраимов<sup>1</sup>, Е.Д.Налибаев<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы қ., Қазақстан

## ЭЛЕКТРОНДЫҚ ҚҰРЫЛҒЫЛЫҚТАРДЫ ҚАБЫЛДАУ ЖӘНЕ ЖЕТКІЗУДЕ ҚҰПИЯ КІЛТ ҮШІН ХАОСТЫҚ ГЕНЕРАТОРЛАРДЫ ҚОЛДАНУ

Программаланатын логикалық интегралдық схемаларға (ПЛИС) негізделген хаостық псевдо кездейсоқ реттілік (ПКР) генераторлары тамаша статистикалық тәуелсіздік қасиеттері бар жоғары энтропиялы ПКР алудың тиімді құралы болып табылады. Бұл мақалада мұндай генераторлардың жұмысының негізгі принциптері қарастырылады және оларды сызықты емес динамикалық жүйелерде, соның ішінде Чуа және Ресслер жүйелеріне енгізу мысалдары келтірілген. Хаостық генераторлар күрделі детерминирленген әрекетке ие, бұл жоғары күрделіліктегі псевдокездейсоқ тізбектерді алуға мүмкіндік береді. Хаостық генераторларға негізделген ПКР пайдалану криптография, радиобайланыс және ақпаратты беру сияқты ғылым мен техниканың әртүрлі салаларында қолдануды табады. Хаостық генераторларды одан әрі зерттеу және дамыту олардың заманауи технологияларда қолдану аясын кеңейтуге әкелуі мүмкін және әртүрлі жүйелерде қауіпсіздік пен тиімділіктің жоғары деңгейін қамтамасыз етеді.

**Түйін сөздер:** хаостық генератор, динамикалық жүйелер, FPGA, ақпараттық технологиялар, цифрлық схемалар, криптография.

### Abstract

## APPLICATION OF CHAOTIC GENERATORS FOR A SECRET KEY IN TRANSMIT-RECEIVING ELECTRONIC DEVICES

Sqabylov A.A. <sup>1</sup>, Zheksebay D.M. <sup>1</sup>, Ibraimov M.K. <sup>1</sup>, Nalibaiyev E.D. <sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

Chaotic pseudo-random sequence generators (PRS) based on field-programmable gate arrays (FPGAs) are an effective tool for obtaining high-entropy PRSs with excellent statistical independence properties. This article discusses the basic principles of operation of such generators and presents examples of their implementation on nonlinear dynamic systems, including Chua and Rössler systems. Chaotic generators have a complex deterministic behavior that makes it possible to obtain pseudo-random sequences of high complexity. The use of PRS based on chaotic generators finds application in various fields of science and technology, such as data encryption, radio communications, and information transmission. Further research and development of chaotic generators can lead to the expansion of their applicability in modern technologies and provide a high level of safety and efficiency in various systems.

**Keywords:** chaotic generator, dynamic systems, FPGA, information technology, digital circuits, cryptography.

## Введение

В настоящее время, использование псевдослучайных последовательностей (ПСП) является неотъемлемой частью многих информационных технологий и криптографических систем [1]. Эффективное использование ПСП обеспечивает безопасность и конфиденциальность передачи информации в различных сферах жизнедеятельности человека, начиная от банковской сферы [2] и заканчивая радиосвязью и передачей данных в интернете [3]. Генерация псевдослучайных последовательностей является важным компонентом многих криптографических систем и технологий передачи данных.

Однако, с ростом объемов информации и увеличением числа пользователей в интернете возрастают требования к безопасности и конфиденциальности передачи информации. Существуют различные методы генерации ПСП, такие как линейные конгруэнтные методы [4], методы на основе регистров сдвига [5], методы на основе хэш-функций [6], и другие. Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки, и выбор конкретного метода зависит от требуемого уровня безопасности и производительности системы.

Одним из способов генерации ПСП является использование хаотических генераторов, которые обладают высокой энтропией и отличными свойствами статистической независимости [7]. Однако, существует проблема их реализации на практике в виде электронных устройств. Использование хаотических генераторов в криптографических системах требует точной настройки параметров и обеспечения устойчивости к внешним воздействиям. В связи с этим, в настоящее время, проводятся исследования и разработки новых методов генерации ПСП с использованием хаотических генераторов, которые обладают повышенной стабильностью и надежностью в реализации на практике.

Целью данной статьи является рассмотрение возможности реализации хаотических генераторов псевдослучайных последовательностей, на основе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС), такой подход позволяет создавать компактные и надежные электронные устройства, способные генерировать ПСП с высокой энтропией, а также исследование их эффективности и возможности использования в криптографических системах. Для достижения данной цели, были поставлены следующие задачи:

- Рассмотреть основные принципы работы хаотических генераторов псевдослучайных последовательностей на основе ПЛИС.
- Проанализировать примеры реализации таких генераторов на нелинейных динамических системах, таких как системы Чуа и Ресслер [8].
- Оценить эффективность и свойства, генерируемых ПСП на основе реализованных хаотических генераторов [9].
- Рассмотреть возможность применения полученных результатов в криптографических системах и дать соответствующие рекомендации [10].

В рамках данной работы ожидается получить конкретные результаты по оценке эффективности и свойств генерируемых ПСП на основе реализованных хаотических генераторов псевдослучайных последовательностей на основе ПЛИС. Будут проведены эксперименты для оценки качества генерируемых ПСП, в том числе их статистических свойств, и будут даны рекомендации по использованию этих последовательностей в криптографических системах.

Также важным аспектом реализации хаотических генераторов псевдослучайных последовательностей на основе ПЛИС является выбор оптимальных параметров схемы, которые обеспечивают стабильную работу генератора и высокое качество генерируемых ПСП. Кроме того, важно учитывать влияние окружающей среды и внешних факторов на работу генератора, а также разработать соответствующие методы тестирования и верификации электронных устройств на основе хаотических генераторов. Для повышения степени надежности и безопасности криптографических систем, генерирующих ПСП на основе хаотических генераторов, возможно использование методов аутентификации и контроля целостности данных.

## Материалы и методы

Материалы и методы нашего исследования включали в себя выбор объектов исследования - известные динамические системы, описываемые нелинейными дифференциальными уравнениями или отображениями, такие как системы Ресслера и Чуа [11]. На основе анализа литературы мы выбрали системы Ресслера и Чуа, так как они являются классическими примерами систем с хаотическим поведением. Эти системы широко изучались в научных работах, что позволяет сравнивать результаты

нашего исследования с результатами других авторов. Для получения точных и достоверных результатов мы использовали программный пакет MATLAB Simulink, который является мощным инструментом для моделирования и анализа динамических систем. Для каждой из систем, которые мы исследовали, мы создали подробные блок-схемы, описывающие все компоненты и связи между ними, используя уравнения, описывающие эти системы.

После того, как блок-схемы были созданы, мы провели численное моделирование, используя Simulink, чтобы получить временные ряды для каждой переменной. Для этого мы использовали различные методы численного интегрирования, чтобы решить уравнения системы и получить значения переменных на каждом шаге моделирования. Эти временные ряды позволили нам детально изучить поведение системы в различных условиях и выявить характеристики хаоса.

Один из методов, который мы использовали для анализа хаоса в этих системах, был расчет автокорреляционной функции. Автокорреляционная функция является важным инструментом для анализа временных рядов и может помочь определить наличие или отсутствие корреляции между различными значениями сигнала во времени. Это позволяет исследователям выявлять статистические свойства системы и понимать, как система изменяется во времени. Мы вычислили автокорреляционную функцию случайного сигнала по формуле:

$$r_{xx}[k] = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x[n]x[n+k]$$

Формула автокорреляции для дискретного сигнала которая показывает, как коррелированы значения сигнала в разных точках временного ряда (рисунок 1). Этот метод позволил нам оценить степень хаотичности системы.

Для реализации генераторов динамического хаоса для аппаратной части мы использовали ПЛИС семейства "Xilinx Artix 7", а именно плату "Nexys 4 ddr" и ПЛИС "XC7A100T-1CSG324C". Преимуществом использования ПЛИС семейства "Xilinx Artix 7" является их высокая производительность и гибкость. Эти ПЛИС имеют большое количество логических элементов, блоков памяти и высокоскоростных интерфейсов, что позволяет реализовывать сложные вычислительные задачи, в том числе и для создания генераторов динамического хаоса. Мы произвели детальный анализ алгоритмов генерации динамического хаоса и разработали блок-схемы на MATLAB для создания генераторов. Затем, используя Verilog, мы провели конвертацию схем на язык описания аппаратуры, который позволил нам реализовать и оптимизировать логику генераторов на уровне аппаратуры.

Далее, мы прошивали полученный код на ПЛИС, используя инструменты разработки и среды программирования. Этот процесс включал программирование устройств для создания генераторов и создание соответствующих схем соединения для связи между компонентами. В результате мы получили работающие генераторы динамического хаоса

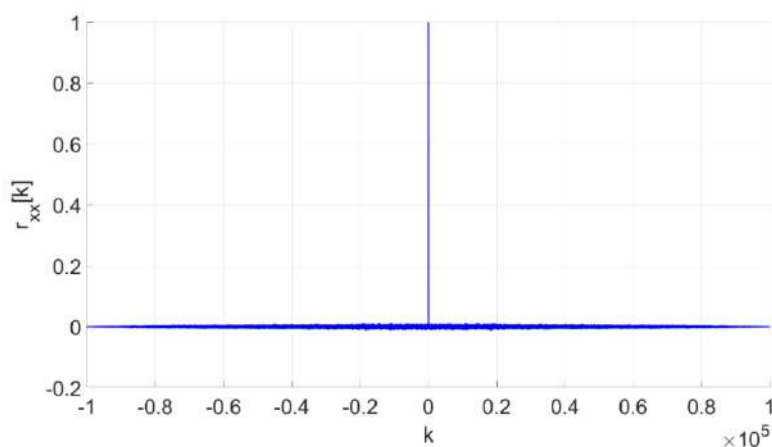


Рисунок 1. Автокорреляционная функция случайного дискретного сигнала

Для численного моделирования системы Ресслера мы создали блок-схему (рисунок 2) на MATLAB Simulink, используя уравнения, описывающие эту систему:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= -(y + z), \\ \dot{y} &= x + \alpha y, \\ \dot{z} &= \beta + z(x - \gamma).\end{aligned}$$

При  $\alpha = 0.2$ ,  $\beta = 0.2$ ,  $\gamma = 5.7$

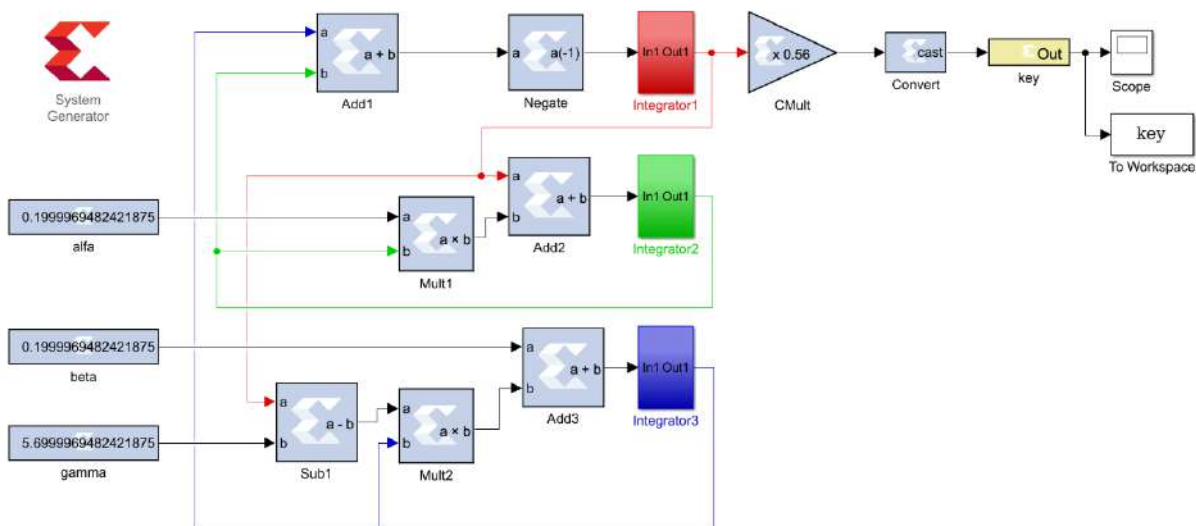


Рисунок 2. Структурная схема системы Ресслера

Блок-схема включает в себя три блока, соответствующие переменным состояниям  $x$ ,  $y$  и  $z$ , а также блоки, соответствующие параметрам  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ .

После создания блок-схемы мы провели численное моделирование системы Ресслера, используя Simulink, чтобы получить временные ряды для каждой переменной. Затем мы проанализировали полученные результаты с помощью метода автокорреляционной функции, чтобы определить наличие случайности в системе Ресслера (рисунок 3).

Таким образом, блок-схема и численное моделирование системы Ресслера в MATLAB Simulink позволили нам исследовать динамику этой системы и определить наличие случайности в ней.

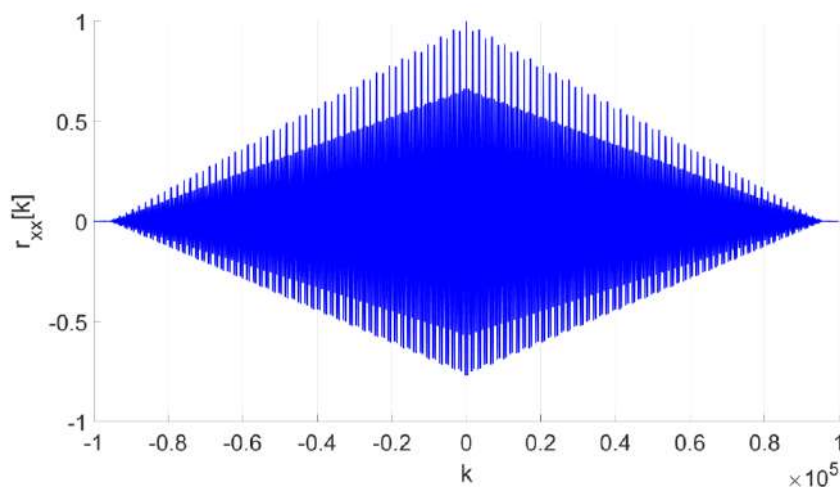


Рисунок 3. Автокорреляционная функция системы Ресслера

По результатам моделирования было выявлено, что генератор на основе системы Ресслера генерирует числовые значения, которые имеют периодический характер. Это значит, что

последовательность чисел, которые генерируются этой системой, может быть предсказуема и не является случайной.

В связи с этим, использование данной системы для генерации случайных чисел неэффективно, так как не обеспечивает достаточно высокой степени случайности.

Помимо этого, мы также рассмотрели систему Чуа (рисунок 4), которая имеет следующее уравнение:

$$\dot{x} = k\alpha(y - x - g(x)),$$

$$\dot{y} = k(x - y + z),$$

$$\dot{z} = k(-\beta y - \gamma z),$$

$$g(x) = m_0x + 0.5(m_1 - m_0)(|x + 1| - |x - 1|).$$

При:  $\alpha = 6.579$ ,  $k = 1$ ,  $\beta = 10,879$ ,  $m_0 = -0.652$ ,  $m_1 = -1.812$ ,  $\gamma = -0.045$

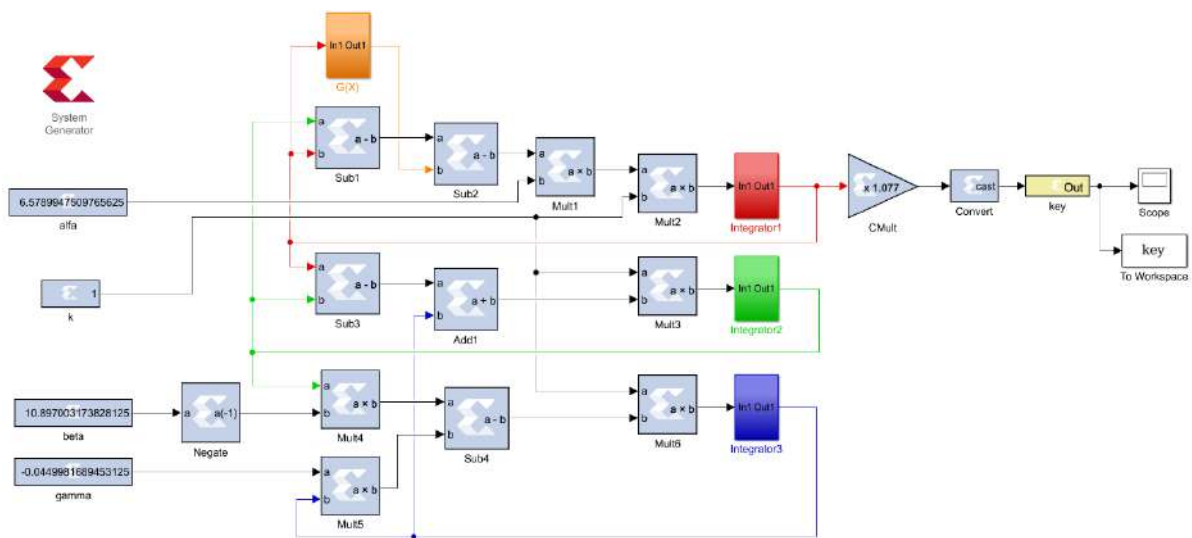


Рисунок 4. Принципиальная схема генератора Чуа

После этого мы построили автокорреляционную функцию для сгенерированных сигналов и проанализировали ее результаты. (рисунок 5).

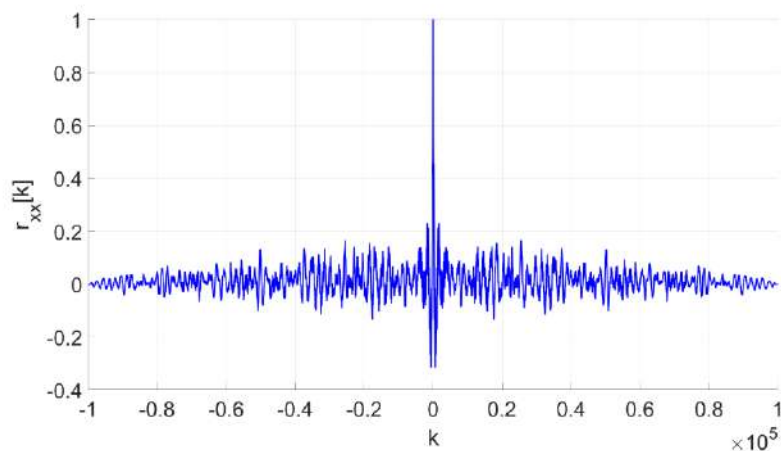


Рисунок 5. Автокорреляционная функция генератора Чуа

Согласно полученным данным, генерация сигнала в системе Чуа близка к случайному сигналу, что делает ее подходящей для генерации случайных чисел. В частности, случайное число, сгенерированное этим генератором, может быть использовано в качестве ключа для шифрования, путем генерации.

### Результаты и обсуждение

Ниже представлены результаты реализации системы шифрования на основе генератора Чуа, которые были использованы для создания секретных ключей. На рисунке 6 показана RTL-схема системы (рисунок 6.).

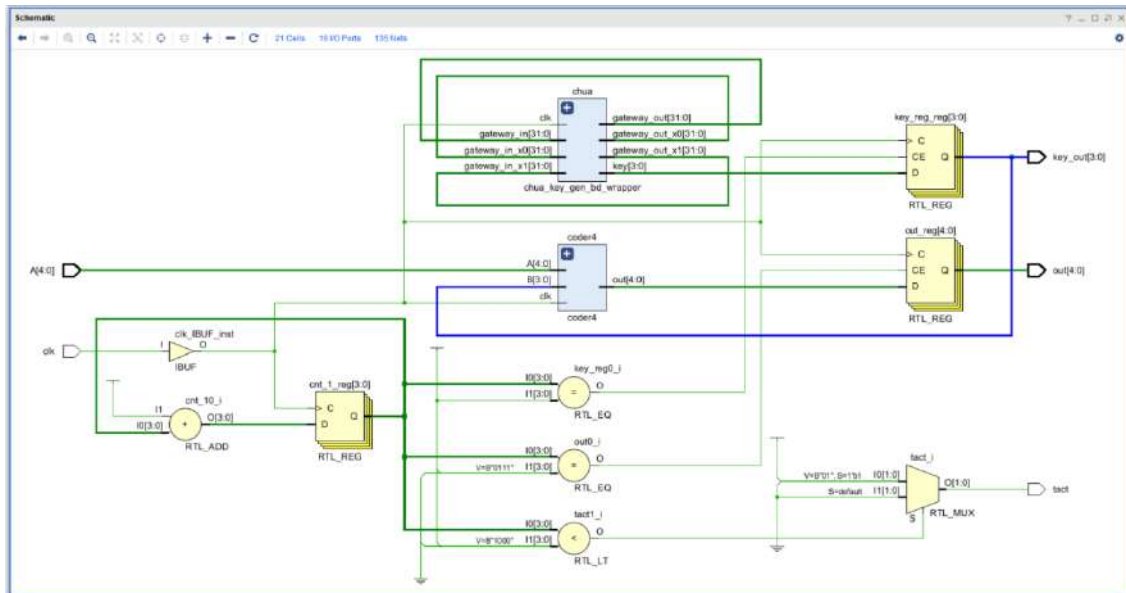


Рисунок 6. Структурная схема блока шифрования (RTL)

RTL-схемы системы Чуа были разработаны для реализации системы на чипе ПЛИС. Они позволяют управлять генерацией случайных чисел и генерировать секретные ключи для использования в качестве ключей шифрования (рисунок 7).

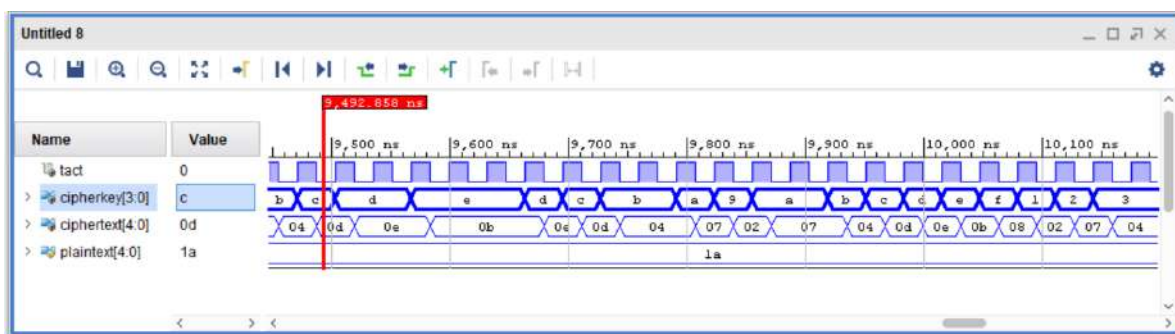


Рисунок 7. Результат проверки алгоритма шифрования

Численные значения тестирования системы Чуа были использованы для отладки и тестирования системы на чипе ПЛИС. Они позволяют контролировать процесс генерации случайных чисел и обнаруживать возможные ошибки и сбои в системе.

В ходе нашего исследования мы провели сравнительный анализ двух систем - Росслера и Чуа. Мы построили автокорреляционные функции для каждой системы и сделали вывод, что генерация сигнала в системе Чуа близка к случайному сигналу, что делает ее подходящей для генерации случайных чисел. Мы также рассмотрели применение системы Чуа для создания ключей шифрования и реализовали алгоритм шифрования на основе ПЛИС.

### Обсуждение

1) Эффективность генерации случайных чисел: исследование показало, что генератор на основе системы Чуа может генерировать случайные числа, подходящие для использования в качестве секретных ключей при шифровании данных. Это может быть полезно во многих областях, включая криптографию и статистическую моделирование.

2) Сравнение с другими системами: мы провели сравнительный анализ генераторов на основе систем Росслера и Чуа, и показали, что генерация сигнала в системе Чуа близка к случайному сигналу, в то время как система Росслера не является эффективной для генерации случайных чисел. Это может помочь в выборе наиболее подходящей системы для конкретной задачи.

3) Применение системы Чуа: система Чуа может быть использована не только для генерации случайных чисел, но и для решения многих других задач, включая прогнозирование и управление хаотическими системами. Исследование ее применения может быть интересным направлением для дальнейших исследований.

4) Реализация на чипе ПЛИС: мы использовали чип ПЛИС для реализации системы шифрования на основе генератора Чуа. Это может быть полезно для разработки быстрых и безопасных систем шифрования для различных приложений.

5) Ограничения и перспективы: в ходе исследования мы выявили некоторые ограничения генератора на основе системы Чуа, такие как зависимость от начальных условий и возможность влияния внешних факторов на процесс генерации. Дальнейшее исследование может быть направлено на устранение этих ограничений и на разработку новых методов генерации случайных чисел на основе хаотических систем.

### Заключение

В результате нашего исследования мы подтвердили, что система Чуа может быть использована для генерации случайных чисел и создания ключей шифрования. Мы провели анализ системы Чуа и получили автокорреляционную функцию, которая показала близость генерируемого сигнала к случайному сигналу. Использование системы Чуа для генерации ключей шифрования может быть эффективным способом защиты конфиденциальной информации. Однако, необходимо учитывать возможные ограничения и уязвимости данной системы, которые могут быть использованы злоумышленниками для расшифровки зашифрованных сообщений.

Дальнейшее развитие этой работы может включать более глубокое исследование других систем, которые могут быть использованы для генерации случайных чисел и создания ключей шифрования. Также возможно улучшение алгоритма шифрования на основе ПЛИС, используя более сложные математические методы и алгоритмы.

### Список использованной литературы:

- 1 O'Connor, L. et al. (2021). *Cryptographic Applications of Chaos-Based Pseudorandom Number Generators: A Review*. *Entropy*, 23(1), 1-30. <https://doi.org/10.3390/e23010016>
- 2 Brzeski, P. et al. (2018). *FPGA-based True Random Number Generator Utilizing Chaotic Circuit*. *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, 65(11), 3913-3925. <https://doi.org/10.1109/TCSI.2018.2855096>
- 3 Li, H. et al. (2019). *A New Chaotic Encryption Algorithm Based on Multi-Dimensional Lorenz System*. *Complexity*, 2019, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2019/8736018>
- 4 Raj S. Katti; Rajesh G. Kavasseri (2008). *Secure pseudo-random bit sequence generation using coupled linear congruential generators*. 2008 *IEEE International Symposium on Circuits and System*, 0271-4302, <https://doi.org/10.1109/ISCAS.2008.4542071>
- 5 Gaeini, Ahmad; Mirghadri, Abdolrasoul; Jandaghi, Gholamreza; Keshavarzi, Behbod (2016). *A New Pseudo-Random Number Generator Based on Chaotic Maps and Linear Feedback Shift Register*. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, Volume 13, Number 1, pp. 836-845(10), <https://doi.org/10.1166/jctn.2016.4883>
- 6 Hwajeong, S. et al. (2014). *Pseudo random number generator and Hash function for embedded microprocessors*. 2014 *IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, 14255643, <https://doi.org/10.1109/WF-IoT.2014.6803113>
- 7 Cao, H. et al. (2017). *A New Pseudorandom Number Generator Based on Multimodal Chaotic Map*. *Complexity*, 2017, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2017/5948790>
- 8 Gao, Y. et al. (2022). *FPGA Implementation of Chaos-based Stream Cipher with Synchronization between Transmitter and Receiver*. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, 69(3), 504-508. <https://doi.org/10.1109/TCSII.2021.3100485>

9 Yang, H. et al. (2016). A Chaotic Stream Cipher Using the Internal States of a Three-Dimensional Autonomous Chaotic System. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, 63(12), 1149-1153. <https://doi.org/10.1109/TCSII.2016.2607320>

10 Li, X. et al. (2015). Cryptanalysis of a New Chaotic Encryption Algorithm. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, 62(9), 826-830. <https://doi.org/10.1109/TCSII.2015.2446711>

11 Е.Т. Кожазулов, М.К. Ибраимов, С.А. Хохлов, Е. Сагидолда, Д.М. Жексебай. (2014). Генераторы динамического хаоса на программируемых логических интегральных схемах. *Вестник. Серия Физическая (ВКФ), [S.l.]*, v. 49, n. 2, p. 3-7, June 2014. ISSN 2663-2276. <https://bph.kaznu.kz/index.php/zhuzhu/article/view/765>

#### References:

1 O'Connor, L. et al. (2021). Cryptographic Applications of Chaos-Based Pseudorandom Number Generators: A Review. *Entropy*, 23(1), 1-30. <https://doi.org/10.3390/e23010016>

2 Brzeski, P. et al. (2018). FPGA-based True Random Number Generator Utilizing Chaotic Circuit. *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, 65(11), 3913-3925. <https://doi.org/10.1109/TCSI.2018.2855096>

3 Li, H. et al. (2019). A New Chaotic Encryption Algorithm Based on Multi-Dimensional Lorenz System. *Complexity*, 2019, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2019/8736018>

4 Raj S. Katti; Rajesh G. Kavasseri (2008). Secure pseudo-random bit sequence generation using coupled linear congruential generators. 2008 *IEEE International Symposium on Circuits and System*, 0271-4302, <https://doi.org/10.1109/ISCAS.2008.4542071>

5 Gaeini, Ahmad; Mirghadri, Abdolrasoul; Jandaghi, Gholamreza; Keshavarzi, Behbod (2016). A New Pseudo-Random Number Generator Based on Chaotic Maps and Linear Feedback Shift Register. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience, Volume 13, Number 1*, pp. 836-845(10), <https://doi.org/10.1166/jctn.2016.4883>

6 Hwajeong, S. et al. (2014). Pseudo random number generator and Hash function for embedded microprocessors. 2014 *IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, 14255643, <https://doi.org/10.1109/WF-IoT.2014.6803113>

7 Cao, H. et al. (2017). A New Pseudorandom Number Generator Based on Multimodal Chaotic Map. *Complexity*, 2017, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2017/5948790>

8 Gao, Y. et al. (2022). FPGA Implementation of Chaos-based Stream Cipher with Synchronization between Transmitter and Receiver. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, 69(3), 504-508. <https://doi.org/10.1109/TCSII.2021.3100485>

9 Yang, H. et al. (2016). A Chaotic Stream Cipher Using the Internal States of a Three-Dimensional Autonomous Chaotic System. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, 63(12), 1149-1153. <https://doi.org/10.1109/TCSII.2016.2607320>

10 Li, X. et al. (2015). Cryptanalysis of a New Chaotic Encryption Algorithm. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, 62(9), 826-830. <https://doi.org/10.1109/TCSII.2015.2446711>

11 Е.Т. Кожазулов, М.К. Ибраимов, С.А. Хохлов, Е. Сагидолда, Д.М. Жексебай. (2014). Генераторы динамического хаоса на программируемых логических интегральных схемах [Dynamic chaos generators on programmable logic integrated circuits]. *Вестник. Серия Физическая (ВКФ), [S.l.]*, v. 49, n. 2, p. 3-7, June 2014. ISSN 2663-2276. <https://bph.kaznu.kz/index.php/zhuzhu/article/view/765> (In Russian)



## DETECTION OF PARKINSON'S DISEASE PATIENTS BASED ON VOICE RECORDING USING CONVOLUTION NEURAL NETWORK

Hashim S.M.<sup>1</sup>, Kutucu H.<sup>1,2\*</sup>, Assanova B.<sup>2</sup>, Shazhdekeyeva N.<sup>2</sup>, Taishiyeva A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Karabuk University, Karabuk, Turkey  
<sup>2</sup> Atyrau State University, Atyrau, Kazakhstan  
\*e-mail: hakankutucu@karabuk.edu.tr

### Abstract

Parkinson's disease is a commonly observed neurological disorder that affects the nervous system and hinders, people's essential functions. The primary goal of this study is to identify the presence of Parkinson's disease by utilizing spectrogram images from voice recordings through the implementation of Convolutional Neural Networks (CNN). We conducted our research using a dataset from the Argentina. Our research made a significant contribution by performing various audio preprocessing operations. We split the audio samples into multiple segments of the same duration (2 seconds) and then implement audio augmentation techniques to increase the dataset. Finally, we converted these audio samples into spectrogram images to train our model. K-fold cross-validation method was used, set by (k=10) for further analysis. The model underwent 150 epochs of training, resulting in an Average Training Accuracy of 99.3% and an Average Testing Accuracy of 97.9%. The effectiveness of the proposed model is compared with five state-of-art models (AlexNet, VGG16, Inception V3, ResNet50, SqueezeNet) and the local binary pattern descriptors which were applied to the same dataset. As a result, the proposed model was found to be superior.

**Keywords:** Spectrogram, Parkinson's disease, voice analysis, CNN, k-fold cross-validation.

### Аңдатпа

С. М. Хашиим<sup>1</sup>, Х. Кутучу<sup>1,2</sup>, Б.У. Асанова<sup>2</sup>, Н.К. Шаждекеева<sup>2</sup>, А.Г. Тайшиева<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Карабук университеті, Карабук, Түркия  
<sup>2</sup> Атырау мемлекеттік университеті, Атырау қ., Қазақстан

## ПАРКИНСОН АУРУЫНА ҚҰРЫЛҒАН ПАЦИАЛАРДЫ КОНВОЛЮЦИЯЛЫҚ НЕЙРЛІК ЖЕЛІЛІК АРҚЫЛЫ ДАУЫС ЖАЗУ НЕГІЗІНДЕ АНЫҚТАУ

Паркинсон ауруы - бұл жүйке жүйесіне әсер ететін және адамдардың маңызды функцияларын бұзатын жиі байқалатын неврологиялық ауру. Бұл зерттеудің негізгі мақсаты конволюционды нейрондық желілерді (CNN) енгізу арқылы дауыстық жазбалардан спектрограммалық кескіндерді пайдалану арқылы Паркинсон ауруының болуын анықтау болып табылады. Біз зерттеуімізді Аргентинадан алынған деректер жиынтығы арқылы жүргіздік. Біздің зерттеуіміз дыбысты алдын ала өңдеудің әртүрлі операцияларын орындау арқылы айтарлықтай үлес қосты. Біз дыбыс үлгілерін бірдей ұзақтықтағы бірнеше сегменттерге (2 секунд) бөлеміз, содан кейін деректер жинағын ұлғайту үшін дыбысты кеңейту әдістерін енгіземіз. Соңында, біз модельімізді үйрету үшін осы аудио үлгілерді спектрограмма кескіндеріне айналдырдық. Әрі қарай талдау үшін (k=10) белгілеген K-есептік кросс-валидация әдісі қолданылды. Модель оқытудың 150 дәуірінен өтті, нәтижесінде жаттығудың орташа дәлдігі 99,3% және орташа тестілеу дәлдігі 97,9% болды. Ұсынылған модельдің тиімділігі бес заманауи үлгімен (AlexNet, VGG16, Inception V3, ResNet50, SqueezeNet) және бір деректер жиынына қолданылған жергілікті екілік үлгі дескрипторларымен салыстырылады. Нәтижесінде ұсынылған модельдің артықшылығы анықталды.

**Түйін сөздер:** спектрограмма, болезнь Паркинсона, голосовой анализ, CNN, k-кратная перекрестная проверка.

### Аннотация

С. М. Хашиим<sup>1</sup>, Х. Кутучу<sup>1,2</sup>, Б.У. Асанова<sup>2</sup>, Н.К. Шаждекеева<sup>2</sup>, А.Г. Тайшиева<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Университет Карабук, г. Карабук, Турция  
<sup>2</sup> Атырауский государственный университет, г. Атырау, Казахстан

## ВЫЯВЛЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С БОЛЕЗНЬЮ ПАРКИНСОНА НА ОСНОВЕ ЗАПИСИ ГОЛОСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Болезнь Паркинсона – это часто наблюдаемое неврологическое расстройство, которое поражает нервную систему и нарушает основные функции человека. Основная цель этого исследования – выявить наличие болезни Паркинсона путем использования изображений спектрограмм из записей голоса посредством внедрения сверточных нейронных сетей (CNN). Мы провели исследование, используя набор данных из Аргентины. Наши

исследования внесли значительный вклад, выполнив различные операции предварительной обработки звука. Мы разделяем аудиосэмплы на несколько сегментов одинаковой продолжительности (2 секунды), а затем реализуем методы улучшения звука, чтобы увеличить набор данных. Наконец, мы преобразовали эти аудиосэмплы в изображения спектрограмм для обучения нашей модели. Для дальнейшего анализа использовался метод К-кратной перекрестной проверки, заданный значением ( $k=10$ ). Модель прошла 150 эпох обучения, в результате чего средняя точность обучения составила 99,3%, а средняя точность тестирования – 97,9%. Эффективность предложенной модели сравнивается с пятью современными моделями (AlexNet, VGG16, Inception V3, ResNet50, SqueezeNet) и дескрипторами локальных двоичных шаблонов, которые применялись к тому же набору данных. В результате предложенная модель оказалась более эффективной.

**Ключевые слова:** спектрограмма, Паркинсон ауруы, дауысты талдау, CNN, k-fold cross-validation.

## **1. Introduction**

Millions of older people worldwide are affected by Parkinson's disease (PD), which is the progressive degeneration of the nervous system that becomes more widespread with age [1]. PD is believed that approximately 1% of individuals over 60 years of age are affected by this condition [2]. PD exhibits two categories of symptoms: motor symptoms and non-motor symptoms. Motor symptoms affect movement and are more conspicuous. These can include slow movements. Non-motor symptoms are less noticeable and can contain problems with sleep, speaking, swallowing, and chewing. PD can also affect speech by changing the rhythm, pronunciation and voice [3]. Dopamine is a critical neurotransmitter that has a significant impact on assisting the movements of the body [4]. The production of dopamine-producing neurons results in a decrease in neuron function and impacts the communication mechanisms within the brain. It more commonly appears in men than in women [5]. Despite advances in medical technology, current methods for diagnosing PD can be invasive and not always reliable. For example, current diagnostic methods rely on subjective clinical assessments, which can be influenced by factors such as the skill and experience of the clinician, as well as by the patient's willingness to disclose symptoms. In addition, these methods may also require the use of expensive and complex equipment, which may not be accessible in all parts of the world. These difficulties motivate us to utilize deep learning techniques that aggregate time, effort and cost. One of the foremost critical hurdles encountered by individuals with Parkinson's disease is changes in speech or difficulty speaking. Making early detection of speech disorders in Parkinson's patients can be crucial in relieving the potential impacts of the disease. The speech signals of Parkinson's disease patients differ significantly from those of healthy individuals, highlighting the importance of a timely and accurate diagnosis.

As technology advances, there has been a substantial increase in the volume of medical data, demonstrating significant growth and creating a demand for innovative methods to extract valuable insights from this information. Data mining and machine learning techniques provide an ideal solution for uncovering new knowledge hidden within this vast dataset [6]. This study employs deep learning techniques that can accurately detect Parkinson's disease based on pronouncing the letter "a". The audio recording is transformed into a spectrogram image, which is input for a Convolutional Neural Network (CNN) model. Regrettably, multiple obstacles have contributed to the significant challenges encountered in addressing this task. The most formidable aspect is the limited availability of a dataset that remains unaffected by noise, stretching, resizing, or speed variation methods, which were previously commonplace.

The research makes the following contributions.

1. The researchers have devised a system for detecting Parkinson's disease that achieves a classification accuracy of 97.9% by utilizing recorded speech samples from individuals with Parkinson's disease and by employing a convolutional neural network (CNN) for this purpose.

2. Implemented a preprocessing technique that involved splitting the audio into 2-second segments, ensuring equal segment lengths. This process facilitated the creation of equivalent record files and separated the audio recording into harmonic distortion components.

3. The researchers applied augmentation techniques such as oversampling, pitch shifting, and adding Gaussian noise to address the challenge of limited dataset size, enhancing and increasing the dataset.

4. We assessed the performance of our model using a confusion matrix, which allowed us to calculate various metrics such as precision, accuracy, AUC, recall, and F1-Score. The evaluation results indicated that our model demonstrated the highest level of performance in terms of accuracy.

The article is referred to as structured as follows: Section 2 presents the related work, while Section 3 introduces the Parkinson's dataset, spectrogram representation, and proposed CNN architecture. The results are elaborated in Section 4, and Section 5 concludes the paper.

## **2. Related Work**

Guatelli R. et al. [7] proposed a method for data augmentation through the creation of spectrograms from voice signals using various color palettes. A total of 13 color palettes from the Matlab colormap tool were utilized, and popular CNN models such as AlexNet, VGG 16, ResNet 50, Inception v3, and Squeezenet were employed to assess the effectiveness of the approach. The evaluation results revealed that the VGG16 network exhibited the highest performance metrics, achieving an average success rate of 95.98%.

Gelvez-Almeida E. et al. [8] aimed to distinguish between individuals with Parkinson's disease and those who are healthy using extreme learning machine neural networks. The study utilized the local binary pattern (LBP) algorithm to preprocess a database consisting of 58 Parkinson's disease patients and 77 healthy individuals. A comparison was made between the performance of single hidden layer and multilayer extreme learning machine networks. The findings indicated that the multilayer extreme hierarchical extreme learning machine networks attained identical accuracy rates of 90.12 % for the training set, 92.59% for the validation set, and 81.48% for the test set.

Wang X. et al. [9] presented a novel auxiliary diagnosis algorithm for Parkinson's disease, utilizing deep learning and hyperparameter optimization. The system incorporates ResNet50 for feature extraction and classification, comprising speech signal processing, algorithm refinement using hyperparameter optimization and Artificial Bee Colony of ResNet50. The proposed algorithm, GDABC, demonstrates significant accuracy improvement, achieving a diagnosis system accuracy of 96%.

Reddy MK. et al. [10] explored the potential of utilizing an exemplar-based sparse representation (SR) classification method to identify Parkinson's disease (PD) through speech analysis. To assess the efficiency of the suggested technique, experiments were conducted on the DDK and sentence reading tasks of the PC-GITA database, utilizing both the IS10 and combined feature sets. The results show that the Proposed-NSRC method achieved the highest accuracy of 82.50% for the DDK task.

Mamun M. et al. [11] utilized vocal features to detect Parkinson's disease (PD) and evaluated the performance of ten machine learning algorithms. The algorithms employed for PD detection were Decision Tree, Random Forest, Bagging, LightGBM, AdaBoost, XGBoost, Logistic Regression, K-Nearest Neighbor, Support Vector Machine, and Naive Bayes classifiers. The dataset comprised 195 vocal records from patients obtained from the UCI Repository dataset, and the results revealed that LightGBM exhibited the highest accuracy of 95%.

Govindu A. et al. [12] focused on the utilization of machine learning methodologies within telemedicine for the early identification of Parkinson's disease. To achieve this goal, researchers investigated the MDVP audio data from 30 Parkinson's patients and healthy individuals, using four distinct machine learning models during training. The Support Vector Machine (SVM), Logistic Regression, Random Forest, and K-Nearest Neighbors (KNN) models were compared to determine their classification results. Among the various machine learning techniques tested for detecting Parkinson's disease, the Random Forest classifier exhibited the highest level of effectiveness. The model attained a detection accuracy of 91.83% and a sensitivity of 0.95%.

Gaur S et al. [13] used the K-nearest neighbor method for identifying healthy and fatigued voices.. They evaluated the potential of the harmonic-to-noise ratio (HNR) as a speech biomarker for distinguishing between normal and fatigued voices. A total of 32 healthy young male volunteers aged 20 to 40 years were recorded for sustained vowel /a/ and visual reaction time following one night of sleep deprivation. The KNN classifier was employed to investigate the effectiveness of speech HNR as a biomarker for detecting healthy and fatigued voices. The HNR feature was extracted from an acoustic sample three times, and at 3 AM, the HNR demonstrated a significant change ( $p=0.05$ ). The KNN classification's best performing k-neighbors value for visual reaction time was determined, with a validation accuracy of 56% and a test accuracy of 78%.

## **3. Methodology**

The technique was partitioned into separate procedures in practical implementation. To accomplish the task, the project utilized the Python programming language along with the LIBROSA library. Due to our limited dataset size, we implemented augmentation techniques to expand it. We followed these steps to perform augmentation in a systematic manner as shown in Figure 1.

### **3.1 Dataset details**

Recently, researchers have explored the possibility of using voice analysis for assessing Parkinson's patients without invasive procedures. To this end, a team of neurologists from various disciplines has come together to construct a database of voices belonging to Parkinson's patients. In 2019, recordings of voices were taken at a sound laboratory in Hospital RIVADAVIA. The laboratory was set up by Universidad Nacional de La

MATANZA UNLAM and was made ready for use by a sound technician and a speech therapist. Individuals with Parkinson's underwent a neurological evaluation (UPDRS), voice recording, and vocal cord endoscopy as part of the study. The voice database consists of recordings from 55 Parkinson patients (24 female and 31 male) and 64 non-Parkinson individuals, all of whom participated under similar conditions and followed the same protocol [14].

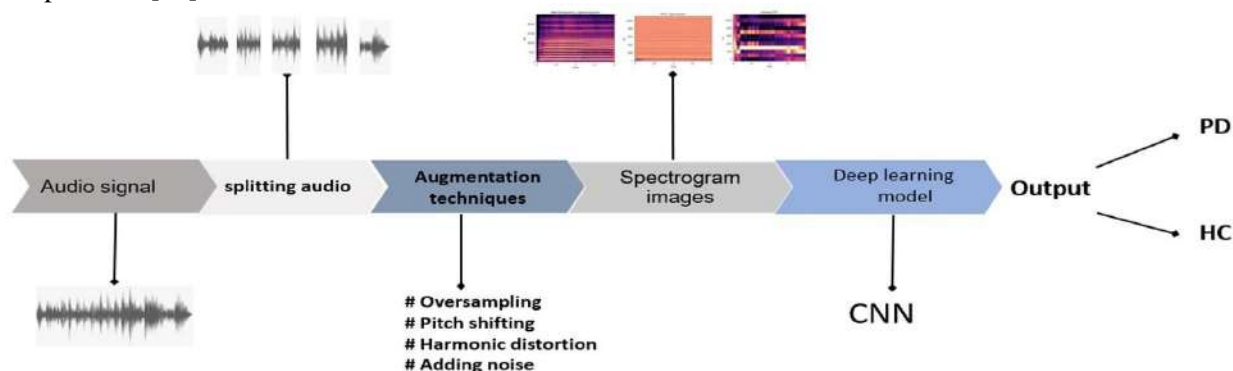


Figure 1. Workflow of building a deep learning model for Parkinson's disease detection

### 3.2 Data preprocessing

In deep learning, data preprocessing refers to preparing and transforming raw input data before it is fed into a neural network for training or inference. It is a critical step in deep learning because the accuracy and performance of the resulting model can be greatly influenced by it. By preparing the data correctly, deep learning algorithms can more easily identify patterns and relationships in the data, leading to better predictions and insights.

#### 3.3 Splitting preprocessing

Audio splitting is a preprocessing step used in this study that involved dividing the long audio recording into segments of fixed duration, where each segment contained 2 seconds of audio data. To implement the audio splitting method, we used the open-source Python library LIBROSA. This allowed us to easily read the audio data and segment it into fixed-length intervals. We ensured that the segments did not overlap to avoid duplication of data. After segmenting the audio, we utilized augmentation techniques to prepare the data for training our deep learning model. This technique effectively generated the required amount of training data for our deep-learning model.

#### 3.4 Data Augmentation Techniques

Since the number of audio files is relatively small, we used new ways to prepare data and make more of it. Data augmentation techniques are used for regularizing deep neural network inputs, which typically involves creating additional samples from the original data. There are generally two types of data augmentation methods: the first involves perturbing existing samples to create new samples, which can then be added to the fresh dataset, explicitly increasing the size of the dataset. Other methods used in this paper are oversampling, pitch shifting, Gaussian noise, and harmonic component separation. And then trained a particular type of AI called a convolutional neural network using a large dataset, more than the original privately available, to avoid overfitting. It is worth mentioning that the initial dataset comprised 126 samples. However, with the utilization of data augmentation techniques, the dataset underwent substantial expansion, ultimately reaching a total of 1400 samples. as shown in Figure 2, Figure 3, and Figure 4 (a).

#### Separating audio signals into harmonic component

Separating an audio signal into its harmonic and percussive components is a common signal processing problem that can be addressed using Python and the LIBROSA and sound file libraries. By using the Librosa. Effects. Harmonic function, we can extract the harmonic components of an input audio signal and write them to a new file with a modified name using the sound file library. This technique is a powerful tool for analyzing and manipulating audio signals, as it allows for a deeper understanding of the harmonic and non-harmonic components of a sound. This can lead to new insights and applications in the field of audio processing, such as music transcription, speech analysis, and sound separation, as shown in Figure 2, Figure 3, and Figure 4 (b).

#### Audio data augmentation with Oversampling

Oversampling is a prevalent approach in deep learning for augmenting training datasets to enhance their size. The resampling technique is specifically employed in this research, utilizing the `librosa.resample()`

function. Resampling involves adjusting the sampling rate at which samples are extracted from the original signal, generating a new signal with a different sample rate. Following the resampling process, the resulting oversampled signal is saved as a new audio file, with the filename appended with "-oversampling" to signify the utilization of this resampling technique.

This technique is particularly useful in imbalanced datasets where the number of examples in one class is significantly lower than in the other classes. Evaluating the performance of the model on the original, unbalanced dataset is also crucial to ensure that the oversampling is indeed improving the model's performance, as shown in Figure 2, Figure 3, and Figure 4 (c).

Audio data augmentation with Pitch-Shifting

Pitch Shifting was the chosen method for sound recording due to its widespread usage and simplicity. We utilized an existing Python library for audio processing and analysis called LIBROSA for the implementation of this technique. The generated audio samples were created by increasing the pitch of the original samples by 0.5 steps, with each step representing a semitone. The number of steps was determined through a manual examination, wherein two independent listeners evaluated the majority of the augmented recordings. This evaluation aimed to ensure that the pitch-shifting process did not affect the vocal features. This technique is utilized to create variations of the original audio signal for training deep learning models. It can aid in increasing the size of the training dataset, improving the model's ability to generalize, and simulating different environments [15], as shown in Figure 2, Figure 3, and Figure 4 (d).

Audio data augmentation with Gaussian noise

Adding Gaussian noise can make audio smoother and easier to learn. It is possible to add noise to more than just audio, like weights and gradients. The noise's amplitude, measured by  $\sigma$ , cannot be so small and may not have enough effect on the system, while a value that is too large may impede the classifier's ability to learn. The acceptable range for  $\sigma$  is [0-0.005]. We used the mean=0 and std=0.005. The resulting sample after adding noise can be represented in Equation (1) [16], as shown in Figure 2, Figure 3, and Figure 4 (e).

$$x(t + 1) = x(t) + \sigma, \tag{1}$$

3.5 Spectrogram

A spectrogram is a visual depiction that represents a signal that shows the distribution of different frequencies over time. The frequency and time dimensions are represented on the vertical and horizontal axes of the spectrogram, respectively. This type of visualization provides more detailed information about the time-frequency characteristics of a signal than other methods. Three types of spectrogram representations were utilized, each trained for 150 epochs. These types are as follows.

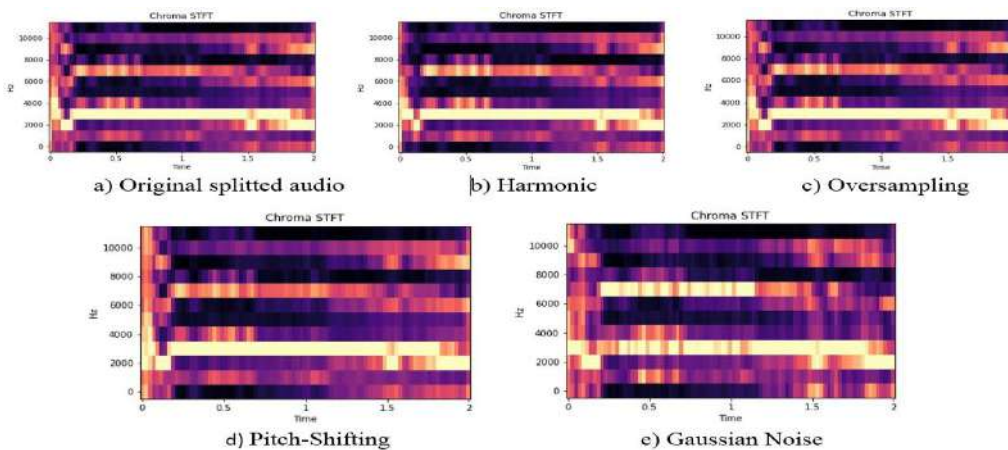


Figure 2. Chroma STFT Spectrogram of the augmented sounds

Chroma STFT (Short-Time Fourier Transform)

The Chroma STFT is a signal processing technique that utilizes the audio waveform to analyze the musical content of an audio sample. By applying the Short-Time Fourier Transform (STFT) to the audio waveform and converting the resulting frequency content into 12 "chroma" bins, these bins can be exhibited as a spectrum in a "chroma-gram" where the audio notes are shown on the vertical axis and time on the horizontal axis. The model contains a total of (630,528) parameters. The evaluation metrics indicate an average training accuracy

of 96.3 % and average test accuracy of 92.9 %. Figure 2 displays a visual representation of the Short-Time Fourier Transform (STFT).

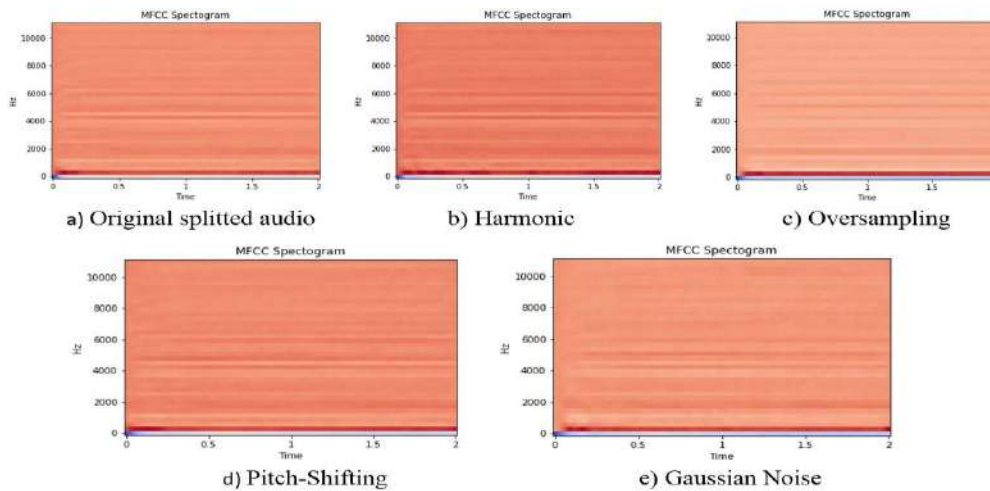


Figure 3. Mel-frequency cepstral coefficients (MFCCs) of the augmented sounds.

### Mel- Spectrogram

It is a method for computing a spectrogram with a frequency axis that is scaled according to the Mel scale. It is a common technique for representing the time-varying frequency content of an audio signal and typically involves dividing the signal into 128 frequency bins [18]. The model contains a total of (890.624) parameters. The evaluation metrics indicate an average training accuracy of 99.3 % and average test accuracy of 97.9 %, as shown in Figure 4.

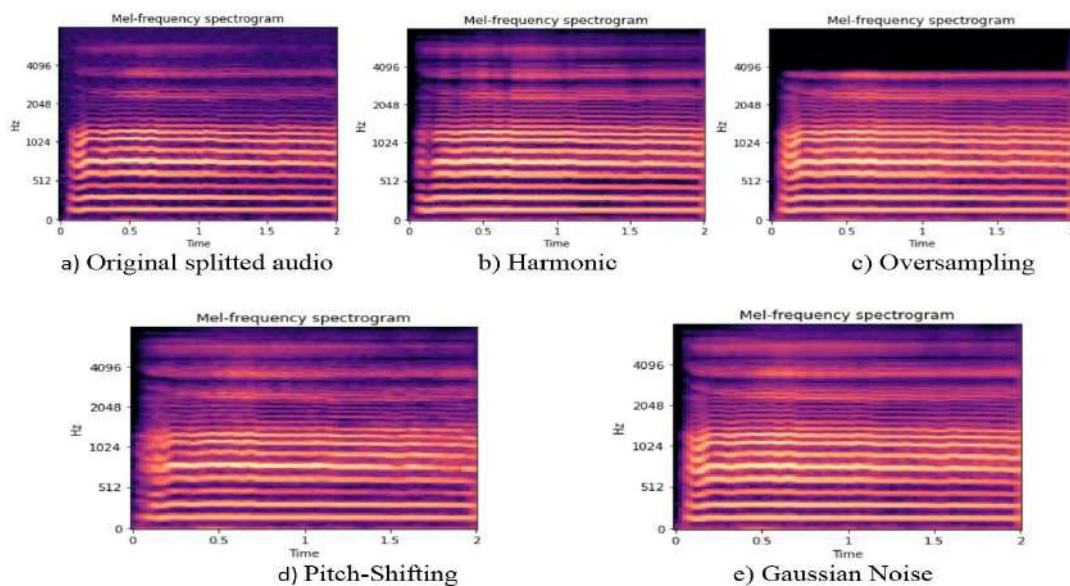


Figure 4. Mel Spectrogram of the augmented sounds

### 3.6 Network architecture

In this research, a Convolutional Neural Network (CNN) is employed due to its notable achievements in various classification assignments. The CNN draws inspiration from the interconnectivity patterns observed in neurons and comprises multiple layers, including the input layer, convolutional layers, pooling layer, one or more fully connected layers, and, ultimately, the output layer [19]. The convolution operation is a fundamental component of CNNs, serving as the primary building block. Its main function is extracting features, which requires significantly less preprocessing than traditional methods. The major advantage of CNNs is that feature extraction does not require manual extraction of matrices or formula design. Our CNN utilized 2D convolution

layers with varying filter sizes, and the initial layer performed convolution on a spectrogram containing 128 features. Following the convolution and pooling layers, the fully connected layers are added. In order to transform sounds into spectrograms, various CNN architectures with various filters and layers were designed to enhance to avoid overfitting. The dropout technique was implemented with 0.4 units. The optimizer algorithm (Adam) was utilized to minimize the losses and to obtain the most precise outcomes in the current study. A loss function was employed to enable accurate predictions, precisely categorical cross-entropy, which is optimal for multi-class classification labels. To simplify the models, measures were taken to decrease their complexity. To minimize overfitting and improve efficiency, we utilized k -fold cross-validation. This approach involves partitioning the entire dataset into k equally sized subsets. Each of the k models trained uses a different subset as the hold-out validation set instead of dividing the data into separate training and testing sets by creating k subsamples that can serve as a validation dataset for testing a model [20]. We implement early stopping learning to prevent a model from overfitting on the training data. It involves stopping the training process of the model when its performance on a validation set starts to deteriorate. This helps the model to generalize better on unseen data and avoid overfitting, which can lead to poor performance on new data. This architecture consists of three 2D convolutional layers that use a (3x3) filter and have channel sizes of 64, 128, and 254, respectively. The subsequent layer is a max pooling layer with a (2x2) kernel size, followed by two Dense layers with sizes of 1024 and 2, respectively. The activation function used throughout the network is Hyperbolic Tangent (Tanh) except for the Dense layers, in which we used the ReLU activation function. We used L2 regularization (0.01). The final layer uses Softmax activation. In order to mitigate the issue of overfitting, dropout layers with a rate of 0.4 were implemented. The Adam optimizer was used with the Mean Square Error (MSE) as the loss function shown in Figure 5.

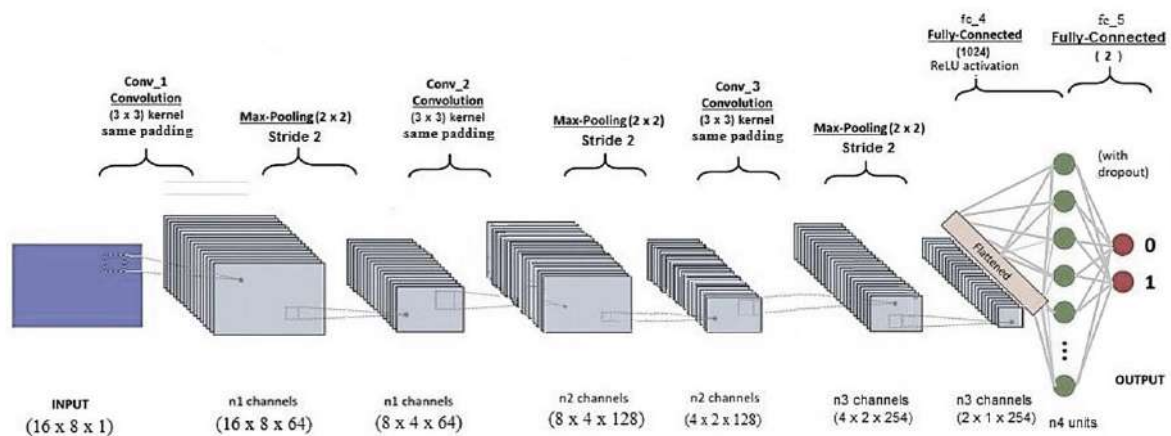


Figure 5. The proposed CNN Model

The results present the outcomes where Mel-spectrogram was utilized for sound transformation to the spectrogram, yielding a positive outcome. Notably, the third approach demonstrated the highest performance and was deemed the most effective.

#### 4. Results

After being trained, the Chroma-STFT, Mel-Spectrogram and Mel-frequency cepstral coefficients (MFCCs), demonstrated their respective performances with 150 Epochs, which measures how many times the entire dataset was used to train the model. The accuracy and loss summaries of the models are typically presented in Table 1. In the context of the table, the accuracy summary shows the percentage of correctly classified data points in the dataset, while the loss summary shows how well the model is performing in terms of minimizing errors. We experimented with various techniques for converting voice recordings related to Parkinson's disease into spectrograms, such as Mel-frequency cepstral coefficients (MFCCs), Chroma STFT, and Mel spectrogram. After training the models for 150 epochs, we obtained different results in terms of accuracy, precision, recall, and F1-score. A summary of our findings is presented in Table 2. Once trained, Mel-frequency cepstral coefficients (MFCCs), Chroma-STFT and Mel-Spectrogram exhibited their unique performances over 150 epochs, representing the number of times the complete dataset was employed to train the models.

Table 1. Comparison of test accuracy result

METHODS	Min. Accuracy %	Max. Accuracy %	Average Accuracy %
Chroma STFT	88.6	94.3	91.9
MFCC	83.6	95.0	90.3
Mel Spectrogram	95.7	99.3	97.9
AlexNet [7]	81.20	91.74	87.64
VGG16 [7]	92.88	98.01	95.98
Inception V3 [7]	78.92	86.89	83.13
ResNet50 [7]	86.89	90.03	88.09
SqueezeNet [7]	73.79	84.05	80.09
H-ELM [8]	NA	NA	81.48
ML-ELM with 2 layers [8]	NA	NA	81.48
ML-ELM with 3 layers [8]	NA	NA	81.48
ELM [8]	NA	NA	77.78

The information displayed in Table 1 shows the outcomes where Mel-spectrogram was utilized for sound transformation to the spectrogram, yielding a positive outcome. Notably, the third approach demonstrated the highest performance and was deemed the most effective. The parameters we mentioned in Table 2 are commonly used in the context of training neural networks for deep learning tasks.

Table 2. Results are summarized, including loss and accuracy metrics

Representation of spectrum	Train Accuracy	Test Accuracy	Precision	Recall	F1- score
Chroma-STFT	96.3	92.9	90	89.5	89.5
MFCC	94.6	91.3	91	91.5	90.5
Mel-Spectrogram	99.3	97.9	96	96.5	96

We also utilize the evaluation matrix to assess the performance of our model on both the training and testing datasets. Figure 6 showcases the strength and robustness of our model, demonstrating its remarkable accuracy surpassing the most recent study with an impressive 97.9%. The parameters we mentioned in Table 3 are commonly used in the context of training neural networks for deep learning tasks.

Table 3. Control Parameters

Parameters	Value
Epoch	150
k-fold	10
Batch-size	128
Drop out	0.4
Learning rate	0.001
Optimizer	Adam
Activation functions	tanh, relu, softmax
Regularizer	L2 with 0.01

By implementing multiple K-fold cross-validations, we can achieve a more comprehensive assessment of the model's performance, enabling us to make informed decisions about its effectiveness and generalization capabilities. This approach enhances the evaluation process and allows us to make well-informed judgments about the model's overall performance and ability to generalize to unseen data. In Table 4, the results of the various K-fold cross-validations are presented, providing insights into the model's performance across different data splits.



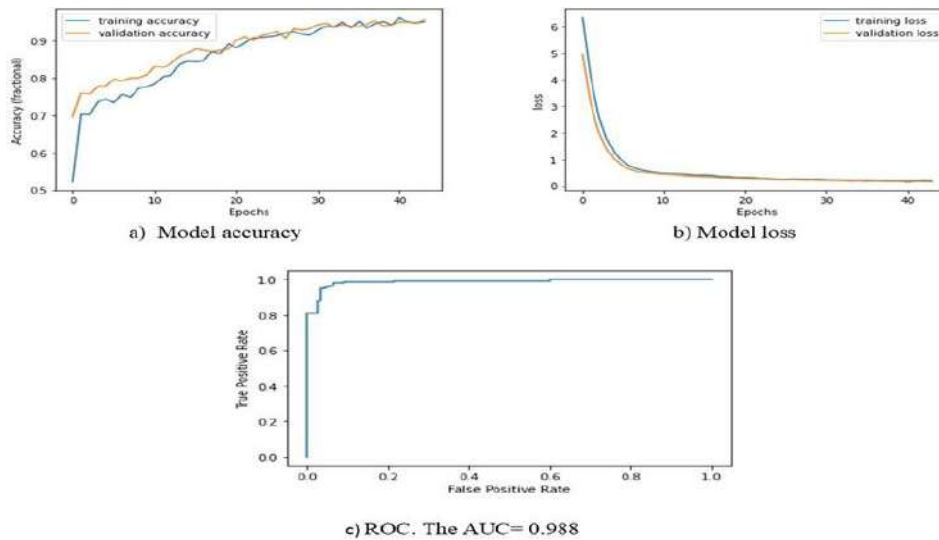


Figure 6. The evaluation of the proposed CNN Model

Table 4. The accuracy of the model with different K-FOLD

No. K	Average Train Accuracy	Average Train Loss	Average Test Accuracy	Average Test Loss
K=5	0.988	0.062	0.971	0.116
K=6	0.983	0.080	0.969	0.129
K=7	0.992	0.055	0.976	0.105
K=8	0.993	0.052	0.978	0.104
K=9	0.992	0.056	0.972	0.106
K=10	0.986	0.064	0.979	0.115

## 5. Conclusion

The outcomes demonstrate that the precision achieved for the validation set is greater than 97.9%, which is similar to the cutting-edge performance. It is worth mentioning that the results are further enhanced, considering that only frequency-based traits obtained from spectrograms were utilized for the classification of the voice recordings. The presented approach has the additional benefit of utilizing the sustained vowel /a/. The pronunciation of this vowel is a simple task for patients to perform, as it does not necessitate lengthy instructions or prior exercises. Moreover, it is a quick task, requiring only a few seconds. As a result, the suggested technique could assist physicians in detecting Parkinson's disease during the diagnosis process.

Our plans for future work include using a Transfer learning pre-trained model on a related dataset to extract useful features and then fine-tune it on our small dataset. This way can leverage the knowledge captured by the pre-trained model and still obtain good performance on our task. In summary, this article outlines implement augmentation techniques and the application of a CNN algorithm for detecting Parkinson's disease using audio recordings of sustained vowels /a/. The dataset used for testing the algorithm consisted of 126 patients, and the audio recordings were converted into image-based representations that only described frequency features. A pre-trained network was utilized for classification, and the algorithm achieved an accuracy of over 97.9% in distinguishing between a healthy control group and a group of individuals diagnosed with Parkinson's disease. This study provides a strong foundation for future research on deep learning architectures that can automatically or semi-automatically extract features from voice recordings to diagnose Parkinson's disease.

The research developed a Parkinson's disease detection system with 97.9% accuracy using recorded speech and a convolutional neural network (CNN). Preprocessing techniques were implemented to split audio into 2-second segments, enabling the creation of equivalent record files and separating harmonic distortion components. Augmentation techniques such as oversampling, pitch shifting, and adding Gaussian noise were applied to enhance and increase the dataset. The model's performance was assessed using a confusion matrix, yielding high precision, recall, accuracy, F1-Score and AUC metrics.

## 6 Future work

Our future plans involve employing a transfer learning approach, where we perform a pre-trained model on a related dataset to extract relevant features and then fine-tune the model on our smaller dataset. This will enable us to demonstrate the knowledge captured by the pre-trained model and still achieve excellent performance on our specific task.

## 7 Acknowledgement

We sincerely thank the Universidad Nacional de La MATANZA UNLAM for establishing the sound laboratory at Hospital RIVADAVIA and the participants with Parkinson's disease who underwent neurological evaluation (UPDRS). Their contributions were invaluable to the success of our study.

### References:

- 1 Hemmerling D. and Wojcik-Pedziwiatr M. (2022) Prediction and Estimation of Parkinson's Disease Severity Based on Voice Signal, *Journal of Voice* 36(3):439.e9-439.e20.
- 2 Reeve A., Simcox E., Turnbull D. (2014) Ageing and Parkinson's disease: why is advancing age the biggest risk factor? *Ageing Res. Rev.* 14:19–30.
- 3 Parra-Gallego L.F., Arias-Vergara T., Vásquez-Correa J.C et al. (2018) Automatic Intelligibility Assessment of Parkinson's Disease with Diadochokinetic Exercises. *Communications in Computer and Information Science*, Springer Verlag: 223–230.
- 4 Ouhmida A., Terrada O., Raihani A. et al. (2021) Voice-Based Deep Learning Medical Diagnosis System for Parkinson's Disease Prediction, *International Congress of Advanced Technology and Engineering, ICOTEN 2021*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- 5 Schapira A.H.V., Chaudhuri K.R., Jenner P. (2017) Non-Motor Features of Parkinson Disease. *Nat. Rev. Neurosci.* 18:435–450.
- 6 Saeed F. et al., (2022) Enhancing Parkinson's Disease Prediction Using Machine Learning and Feature Selection Methods. *Computers, Materials and Continua*, 71(2):5639–5657.
- 7 Guatelli R., Aubin V., Mora M. et al. (2021) SAIV, *Simposio Argentino de Imágenes y Visión Detección de Parkinson mediante Espectrogramas en Color y Redes Neuronales Convolucionales*, 21-25. (in Spanish)
- 8 Gelvez-Almeida E, Vásquez-Coronel A., Guatelli R. et al. (2022) Classification of Parkinson's disease patients based on spectrogram using local binary pattern descriptors. *Journal of Physics: Conference Series*, 2153(1).
- 9 Wang X. et al. (2023) A Parkinson's Auxiliary Diagnosis Algorithm Based on a Hyperparameter Optimization Method of Deep Learning. *IEEE/ACM Trans Comput Biol Bioinform.*
- 10 Reddy M.K. and Alku P. (2023) Exemplar-based Sparse Representations for Detection of Parkinson's Disease from Speech. *IEEE/ACM Trans Audio Speech Lang Process*:1-11.
- 11 Mamun M., Mahmud M.I., Hossain M.I. et al. (2022) Vocal Feature Guided Detection of Parkinson's Disease Using Machine Learning Algorithms. *2022 IEEE 13th Annual Ubiquitous Computing, Electronics and Mobile Communication Conference, UEMCON 2022*: 566–572.
- 12 Govindu A. and Palwe S. (2023) Early detection of Parkinson's disease using machine learning. *Procedia Comput Sci*, 218: 249–261.
- 13 Gaur S., Kalani P. and Mohan M. (2023) Harmonic-to-noise ratio as speech biomarker for fatigue: K-nearest neighbour machine learning algorithm. *Med J Armed Forces India*.
- 14 Giuliano M., Perez S.N., Maldonado M. et al. (2021) Construction of a Parkinson's voice database. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (Sao Paulo: IEOM Society International)* pp:940
- 15 Hamdi S., Oussalah M., Moussaoui A., et al. (2022) Attention-based hybrid CNN-LSTM and spectral data augmentation for COVID-19 diagnosis from cough sound. *J Intell Inf Syst*, 59(2):367-389.
- 16 Wei S., Zou S., Liao F. et al. (2020) A Comparison on Data Augmentation Methods Based on Deep Learning for Audio Classification. *Journal of Physics: Conference Series*, 1453(1).
- 17 Rajesh S. and Nalini N.J. (2020) Musical instrument emotion recognition using deep recurrent neural network. *Procedia Computer Science*, Elsevier BV, pp:16–25.
- 18 Alkhalwaldeh R.S., (2019) DGR: Gender Recognition of Human Speech Using One-Dimensional Conventional Neural Network. *Sci Program*, vol.2019.
- 19 Syed S.A., Rashid M., Hussain S. et al. (2021) Comparative Analysis of CNN and RNN for Voice Pathology Detection. *Biomed Res Int*, vol.2021.
- 20 Wong T.T. and Yeh P.Y. (2020) Reliable Accuracy Estimates from k-Fold Cross Validation. *IEEE Trans Knowl Data Eng*, 32(8):1586-1594.

**ИНФОРМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ. БІЛІМ БЕРУДІ АҚПАРАТТАНДЫРУ**  
**МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ИНФОРМАТИКИ. ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**METHODS OF TEACHING COMPUTER SCIENCE. INFORMATIZATION OF EDUCATION**

МРНТИ 27.01.45  
УДК 378.147

10.51889/2959-5894.2023.82.2.023

Ә.М. Батырбаева<sup>1\*</sup>, С.М. Сеитова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Жетысуский университет имени Ильяса Жансугурова, г. Талдықорган, Казахстан

\*e-mail: adematanabayeva@gmail.com

**МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ НАВЫКОВ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ УНИВЕРСИТЕТОВ ПО ПРИМЕНЕНИЮ  
ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Аннотация*

В статье рассматривается эффективное использование образовательных технологий при преподавании математических дисциплин в высших учебных заведениях. Целями являются проведение теоретического исследования, влияющих на эффективность преподавания, и построения модели развития навыков преподавателей по применению электронных образовательных технологий в учебном процессе. В статье приведена построенная иерархическая структура, на основании которой был проведен экспертный опрос, результаты были проанализированы методом анализа иерархий. Исследование проходило на базе Жетысуского университета имени Ильяса Жансугурова, в нем участвовали 5 экспертов. На основании ответов экспертов была построена модель совершенствования навыков преподавателей по использованию электронных образовательных технологий, с детальным анализом каждого элемента. Построенная модель состоит из четырех элементов: профессиональный уровень, участие на тренингах, практические навыки применения электронных образовательных технологий и готовность делиться знаниями со своими коллегами. Модель предлагается для создания образовательной экосистемы переподготовки преподавателей, так как технологии значительно могут повысить качество и эффективность учебного процесса, оптимизировать усвоение материала, повысить вовлеченность студентов, помогая формировать «навыки будущего» и повышая уровень цифровой грамотности преподавателей.

**Ключевые слова:** электронные образовательные технологии, образовательная экосистема, математические дисциплины, метод анализа иерархий, иерархическая структура, экспертный опрос, шкала относительной важности.

*Аңдатпа*

Ә.М. Батырбаева<sup>1</sup>, С.М. Сеитова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Илияс Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, Талдықорған қ., Қазақстан

**ЭЛЕКТРОНДЫҚ БІЛІМ БЕРУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ҚОЛДАНУ БОЙЫНША УНИВЕРСИТЕТ  
ОҚЫТУШЫЛАРЫНЫҢ ДАҒДЫЛАРЫН ДАМУЫҢ МОДЕЛІ**

Мақалада жоғары оқу орындарында математикалық пәндерді оқытуда білім беру технологияларын тиімді пайдалану қарастырылады. Мақаланың мақсаттары оқытудың тиімділігіне әсер ететін теориялық зерттеулер жүргізу және оқу процесінде электрондық білім беру технологияларын қолдану бойынша оқытушылардың дағдыларын дамыту моделін құру болып табылады. Құрылған иерархиялық құрылымның негізінде сараптамалық сауалнама жүргізілді, нәтижелер иерархияларды талдау әдісімен талданды. Зерттеу Илияс Жансүгіров атындағы Жетісу университетінің базасында өтті, оған 5 сарапшы қатысты. Сарапшылардың жауаптары негізінде әр элементті егжей-тегжейлі талдай отырып, электронды білім беру технологияларын қолдану бойынша оқытушылардың дағдыларын жетілдіру моделі құрылды. Құрылған модель төрт элементтен тұрады: кәсіби деңгей, тренингтерге қатысу, электрондық білім беру технологияларын қолданудың практикалық дағдылары және білімдерін әріптестерімен бөлісуге дайын болу. Модель оқытушыларды қайта даярлаудың білім беру экожүйесін құру үшін ұсынылады, өйткені технология оқу процесінің сапасы мен тиімділігін едәуір арттыра алады, материалды игеруді оңтайландырады, студенттердің белсенділігін арттырады, "болашақ дағдыларын" қалыптастыруға және оқытушылардың цифрлық сауаттылық деңгейін арттыруға көмектеседі.

**Түйін сөздер:** электрондық білім беру технологиялары, білім беру экожүйесі, математикалық пәндер, иерархияларды талдау әдісі, иерархиялық құрылым, сараптамалық сауалнама, салыстырмалы маңыздылық шкаласы.

*Abstract*

## A MODEL FOR DEVELOPING THE SKILLS OF UNIVERSITY TEACHERS IN THE USE OF ELECTRONIC EDUCATIONAL TECHNOLOGIES

*Batyrbayeva A.<sup>1</sup>, Seitova S.<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Zhetysu University named after Ilyas Zhansugurov, Taldykorgan, Kazakhstan*

The article discusses effective use of educational technologies in teaching mathematical disciplines in higher educational institutions. The objectives are conducting theoretical investigation that affects effectiveness of teaching, and building model for development teachers' skills in use of electronic educational technologies in the educational process. An expert survey was conducted based on constructed hierarchical structure, results analyzed by hierarchy analysis method. Study was conducted on basis of Ilyas Zhansugurov Zhetysu University, 5 experts participated. Based on experts' answers, model was built to improve skills teachers in use electronic educational technologies. The constructed model consists of: professional level, participation in trainings, practical skills in use of electronic educational technologies and willingness to share knowledge with colleagues. Model is proposed to create educational ecosystem of teacher retraining, technologies improve quality and efficiency educational process, optimize assimilation of material, increase students' engagement, forming "skills of the future" and increasing level of teachers' digital literacy.

**Keywords:** electronic educational technologies, educational ecosystem, mathematical disciplines, hierarchy analysis method, hierarchical structure, expert survey, scale of relative importance.

### **Введение**

Электронные образовательные технологии – это цифровые инструменты и ресурсы, используемые для облегчения преподавания и обучения в образовательных учреждениях. Они включают в себя широкий спектр приложений, такие платформы как онлайн-обучения, интерактивные доски, виртуальные классы и сервисы для создания мультимедийного контента.

Современное образование вынуждает переход к электронным образовательным технологиям в преподавании математических дисциплин, оказывающих положительное влияние и высокие результаты обучения. Технологии предоставляют студентам более интерактивный и увлекательный опыт обучения, позволяя им глубже изучать математические концепции. Кроме того, электронные образовательные технологии могут предоставить преподавателям более эффективные способы оценки понимания и прогресса учащихся.

**Цель:** определить критерии, влияющие на эффективность преподавания математики с использованием экспертного опроса и построенной иерархической структуры, а также построить модель улучшения навыков преподавателей для создания образовательной экосистемы, включающей в себя дополнительное обучение и взаимобмен опытом для более продуктивного применения цифровых технологий в образовательном процессе, соответствующих технологическим вызовам 21 века.

Образовательные технологии произвели революцию в том, как преподаются математические дисциплины в университетах. Внедряя технологии в учебный процесс, преподаватели могут создавать интерактивные и увлекательные материалы для обучения. Например, преподаватели могут использовать онлайн-инструменты, такие как Khan Academy или Wolfram Alpha, чтобы предоставить студентам интерактивные учебные пособия и практические задачи. Кроме того, преподаватели могут использовать виртуальную реальность (VR) и дополненную реальность (AR) для создания захватывающего опыта обучения, который позволяет студентам изучать математические концепции в 3D-среде [1]. Преподаватели могут использовать онлайн-доски обсуждений и чаты для облегчения сотрудничества между студентами и поощрения взаимного обучения. Используя возможности образовательных технологий, преподаватели могут создавать увлекательный и эффективный учебный опыт для своих студентов. Ранее было проведено исследование, группа участников которой состоит из 50 студентов, обучающихся на кафедрах математики в университетах Казахстана. Большинство будущих преподавателей отметили, что они считают использование цифровых технологий эффективным, как и для образовательного процесса, так и для развития логического мышления, в частности. Исследование было опубликовано в журнале *Cypriot Journal of Educational Sciences* в 2022 году [2]. Исследование показало, что будущие учителя готовы обучаться дополнительно перед началом работы в образовательных учреждениях для приобретения необходимых навыков применения цифровых технологий.

Многие ученые исследуют как дидактическую, так и методическую часть образовательной культуры преподавания в высших учебных заведениях. Яковлева Е.В. в своих трудах отмечает, что недостаточно формировать логическую культуру, но также важно использовать правильные логические приемы, то есть преподавание дисциплин должно проходить в соответствии с законами логики [3]. И.Я. Лернер и М.Н. Скаткин предложили классификацию методов обучения, которая брала за основу характер познавательной деятельности учеников [4]. Они выделили несколько методов: объяснительно-иллюстративный, репродуктивный, проблемного изложения, частично-поисковый и исследовательский методы. То есть эффективность использования электронных образовательных технологий зависит и от того какой метод обучения используется на данном этапе учебного процесса. Международные исследования также подчеркивают эффективность использования электронных технологий для понимания математических концепций [5]. Исследователи Стенфордского университета изучили как взаимодействуют два полушария мозга во время решения математических задач, они выявили, что применение визуального представления задач улучшило успеваемость студентов [6].

Использование электронных образовательных ресурсов может помочь вовлечь студентов, облегчить процесс обучения и оказать дополнительную поддержку студентам в изучении математики на университетском уровне. Эти ресурсы обладают широким спектром преимуществ – от повышения вовлеченности до углубления понимания сложных концепций - и могут быть использованы в качестве дополнения или замены традиционных методов обучения.

### Методология исследования

Для построения модели было проведено теоретическое исследование метода Саати [7]. Метод анализа иерархий – это структурированный метод организации и анализа сложных решений, основанный на математике и психологии, который позволяет структурировать проблему в виде иерархий элементов и принимать решения при наличии множества критериев, позволяя объективно сравнивать альтернативы на основе всех соответствующих факторов. Он был разработан Томасом Л. Саати в 1970-х годах и с тех пор тщательно изучался и совершенствовался. Этот метод используется для определения относительной важности набора критериев при принятии решения путем разбиения решения на его составные части и присвоения весов каждой части. Процесс включает в себя построение иерархии критериев, подкритериев и альтернатив, а затем использование попарных сравнений в иерархии. [8]

В качестве критериев отношения к эффективному преподаванию математики в высших учебных заведениях с применением электронных образовательных технологий взяты следующие индикаторы:

1. Преподаватель
2. Студент
3. Содержание дисциплины
4. Образовательная среда

В качестве альтернатив были взяты очные, дистанционные и смешанные формы обучения.

Опрошены 5 экспертов: 3 преподавателя математических дисциплин и 2 студента специальности «Математика» Жетысуского университета. Преподаватели для проведения опроса были выбраны из разных возрастных категорий для лучшего сравнения. Перед началом опроса эксперт проходит ознакомление заранее с шкалой относительной важности (таблица 1).

Таблица 1. Шкала относительной важности

Количественное значение	Уровень важности
1	Равная важность
3	Умеренное превосходство
5	Существенное или сильное превосходство
7	Значительное (большое) превосходство
9	Очень большое превосходство

Первым этапом является оценка альтернатив, которая заключается в том, что эксперту необходимо выразить результат сравнения в виде чисел. По рисунку 1 заметно, что коэффициенты альтернатив колеблются между очной и смешанной формами обучения, но эксперты все же выступают за очную форму обучения. Меньше всего эксперты выступают за дистанционную форму обучения.

### ЧИСЛОВЫЕ ЗНАЧЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВ

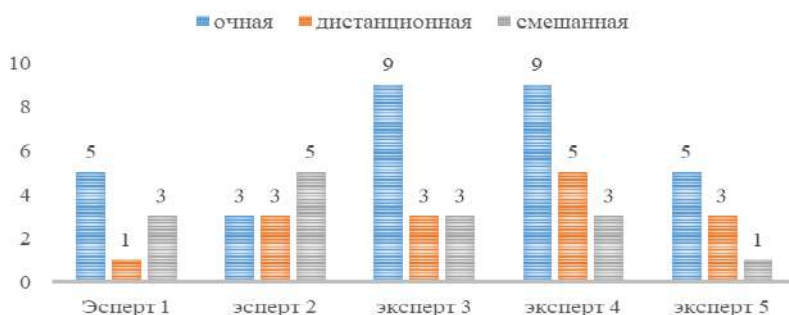


Рисунок 1. Числовые значения альтернатив

Полученные числовые данные были проанализированы и выявлено процентное соотношения для дальнейшей работы в рисунке 2. Результаты составили: 50,8% баллов - очная форма, дистанционная и смешанная по 24,6% соответственно.



Рисунок 2. Процентное соотношение выбранных альтернатив

При построении иерархической модели для оценки эффективности преподавания математических дисциплин в ВУЗах с применением электронных образовательных технологий был проведен анализ и на основе проведенного анализа были выявлены ключевые критерии и подкритерии. Иерархическая модель оценки эффективности преподавания использованием электронных образовательных технологий может быть представлена следующим образом (рисунок 3): на первом уровне находится глобальная цель - эффективное преподавание математических дисциплин в ВУЗах с применением электронных образовательных технологий; на втором критерии – преподаватель, студент, содержание дисциплины и образовательная среда; далее к подкритериям, описывающие каждый предыдущий уровень более конкретно.

В качестве подкритериев отношения к критериям были взяты следующие индикаторы:

1. К критерию «Преподаватель»:

- профессиональный уровень;
- знание и умение применять электронные образовательные технологии в учебном процессе;
- участие на курсах повышения квалификации, тренингах, семинарах по применению электронных образовательных технологий;
- готовность изучать новое, самостоятельно;
- готовность делиться новым среди сообщества единомышленников (учителей, применяющих электронные образовательные технологии).

2. К критерию «Образовательная среда»

- инфраструктурное обеспечение учебного заведения;
- взаимодействие преподавателя и студента;
- эмоциональная среда;

- задания на визуальное и символьное восприятие (Park & Brannon, 2013);
- служба поддержки студентов.
- 3. К критерию «Содержание дисциплины»
  - согласованность компонентов программы (методов обучения и преподавания);
  - использование интерактивных учебных материалов;
  - наличие системы управления обучением;
  - механизмы обеспечения и повышения академического качества программы;
  - индивидуальная траектория обучения.
- 4. К критерию «Студент»
  - вовлечен, выполняет качественно самостоятельную работу студента;
  - развитое логическое мышление для понимания предмета (Е.В. Яковлева);
  - знание информационно-коммуникационных технологий;
  - участие в создании образовательной программы;
  - характер деятельности студента применяя электронные образовательные технологии (по И.Я.Лернер и М.Н.Скаткин);

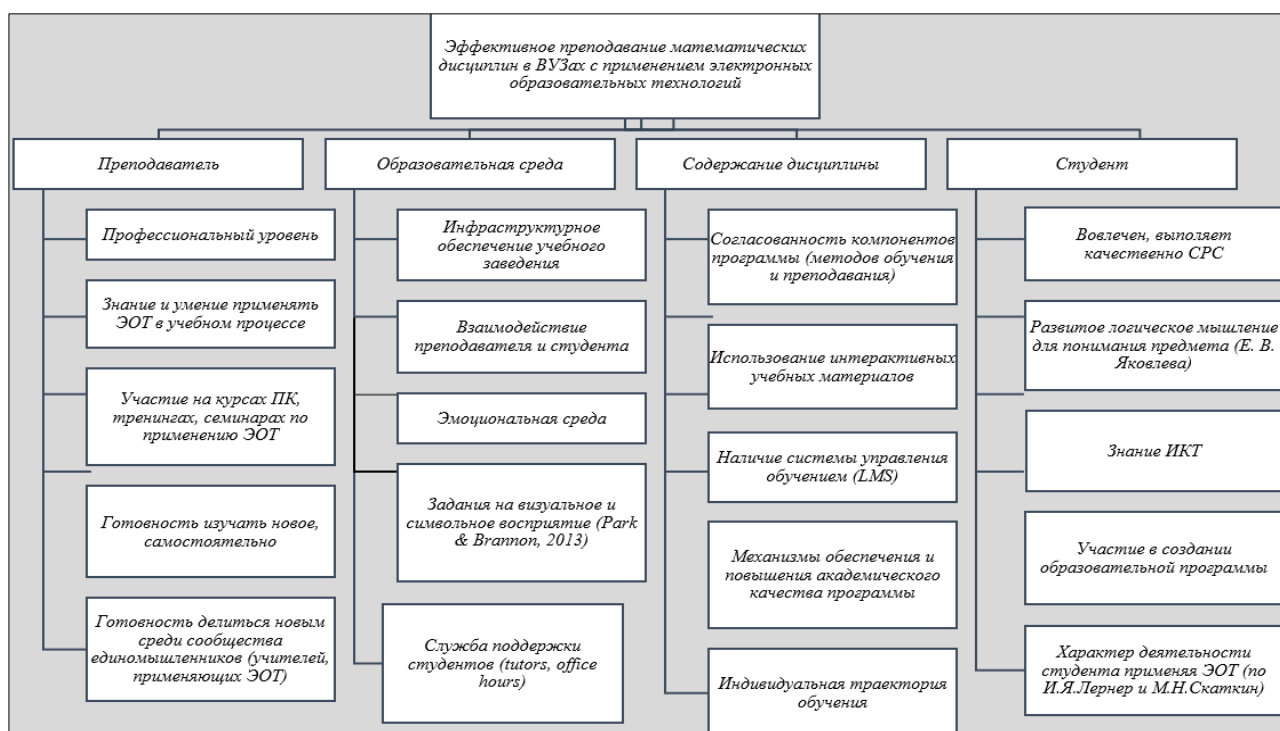


Рисунок 3. Иерархическая модель оценки эффективности преподавания с использованием электронных образовательных технологий

Был составлен опросник дополнительно к иерархической структуре. Опрашиваемые эксперты на основании своих суждений должны попарно сравнить критерий каждого уровня.

### Дискуссия

Результаты опроса получились довольно интересными. По мнению опрошенных экспертов, для эффективного преподавания математических дисциплин в университетах с применением электронных образовательных технологий в первую очередь важен профессиональный уровень преподавателя. Немаловажным является участие на курсах повышения квалификации, готовность изучать новое и готовность делиться новым со своими коллегами. Также несколько преподавателей выделяют инфраструктурное обеспечение учебного заведения, эмоциональную среду, наличие системы управления обучением. Хотелось бы также выделить результат преподавателя, который больше всех выделяет важность студента. Особенно важным эксперт видит такие индикаторы, как вовлеченность в предмет, качественное выполнение самостоятельных работ, развитое логическое мышление и участие в создании образовательной программы. Также хотелось бы выделить позицию самих студентов.

Приоритетными на их взгляд являются преподаватель и образовательная среда. По их мнению, преподаватели должны уметь применять разные цифровые инструменты в учебном процессе, а также быть в тренде новых образовательных технологий, то есть быть готовыми обучаться самостоятельно. Также отмечают важность инфраструктурного обеспечения учебного заведения, визуальные задачи и служба поддержки студентов.

Предлагаемая модель формирования навыков преподавателей университетов по использованию ЭОТ состоит из трех компонентов: профессиональный уровень, участие на тренингах, семинарах (готовность изучать новое, практические навыки применения ЭОТ, и готовность делиться новым среди своих коллег (рисунок 4).

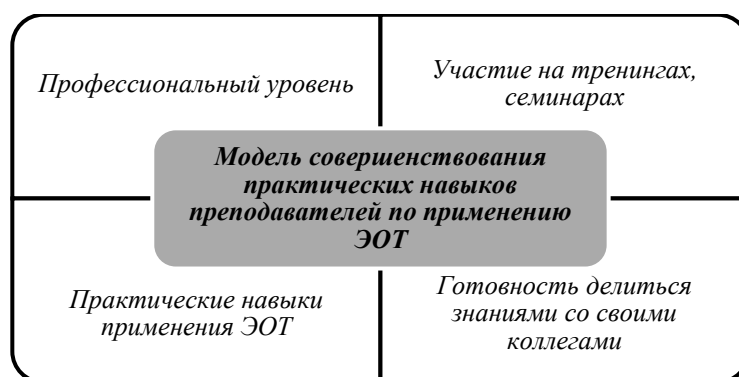


Рисунок 4. Модель совершенствования практических навыков преподавателей по применению ЭОТ

Первый компонент – это профессиональный уровень. Профессиональный уровень преподавателя математики важен для применения электронных образовательных технологий, поскольку он влияет на способность учителя эффективно использовать и интегрировать эти технологии в свою педагогическую практику. Преподаватель, объясняя математические концепции, помогает решать задачи, тем самым развивая математическое и логическое мышление учащихся [9]. На университетском уровне роль преподавателей профессионального уровня в преподавании математики имеет первостепенное значение для формирования глубокого понимания математических концепций и обеспечения успеха студентов, стремящихся к различным академическим и карьерным достижениям.

Второй компонент – это участие на тренингах, семинарах. Этот компонент направлен на то, чтобы дать преподавателям возможность изучать новое о принципах и концепциях, связанных с использованием ЭОТ в преподавании. Курсы повышения квалификации, в свою очередь, приносят пользу, предоставляя доступ к самым современным и эффективным учебно-методическим ресурсам [10]. Участие в таких учебных программах значительно повышает учебный потенциал преподавателей математики университетского уровня, что приводит к более увлекательной, эффективной и ориентированной на студента практике преподавания. Кроме того, постоянное повышение квалификации для удовлетворения меняющихся потребностей математического образования в XXI веке стало необходимостью.

Третий компонент – это практические навыки применения ЭОТ. Этот компонент направлен на предоставление учителям практического опыта использования различных типов ЭОТ в их преподавательской практике. Она включает в себя такие действия, как создание мультимедийных презентаций или интерактивных действий с использованием программных средств, таких как Nearpod или Powtoon. Стратегическое включение электронных ресурсов в учебный план приводит к более динамичному, персонализированному и доступному обучению студентов. Кроме того, эти цифровые инструменты позволяют преподавателям адаптировать свои методы обучения, способствуя большей интерактивности, индивидуальной поддержке и решению реальных проблем.

Четвертый компонент – это готовность делиться новым среди своих коллег. Этот компонент фокусируется на способности преподавателей не только эффективно использовать ЭОТ в своей преподавательской практике, но также проводить самостоятельно семинары, мастер-классы, тренинги для своих коллег. Культура открытости и сотрудничества между коллегами способствует созданию атмосферы, благоприятной для совершенствования преподавания математики. Она способствует обмену инновационными методами преподавания, эффективными стратегиями оценки и творческими



подходами к разработке учебных программ. Готовность делиться новыми идеями способствует формированию динамичного и живого научного сообщества, в котором преподаватели коллективно стремятся к совершенству в области математического образования.

Построенная комплексная модель направлена на развитие у преподавателей вузов навыков эффективной интеграции электронных образовательных технологий в учебную практику. В условиях стремительно развивающегося образовательного ландшафта грамотное использование цифровых инструментов и ресурсов имеет первостепенное значение для вовлечения студентов, повышения результативности обучения, а также для того, чтобы оставаться в курсе педагогических достижений. Опираясь на исследования и практические наработки, данная модель предлагает структурированный подход к повышению квалификации с учетом потребностей и задач, стоящих перед преподавателями вузов.

### Заключение

В данной статье было проведено теоретическое исследование, а именно проведен экспертный опрос, опрос был оценен по методу анализа иерархий и была составлена модель совершенствования практических навыков преподавателей вузов по использованию электронных образовательных ресурсов. По результатам проведенного теоретического исследования была построена модель развития навыков преподавателей по эффективному применению электронных образовательных технологий. Эффективное использование электронных образовательных технологий требует от учителей наличия необходимых навыков и знаний. Предлагаемая модель состоит из четырех компонентов: профессиональный уровень, участие на тренингах, практические навыки применения электронных образовательных технологий и готовность делиться знаниями со своими коллегами. Данное исследование подчеркивает важность развития у преподавателей вузов навыков, необходимых для использования потенциала электронных образовательных технологий. Представленная модель служит "дорожной картой" для учебных заведений, стремящихся к формированию цифрового грамотного и инновационного преподавательского состава. Применяя эту модель, университеты могут гарантировать, что их преподаватели хорошо подготовлены к адаптации к меняющемуся образовательному ландшафту и предоставляют студентам богатый и современный опыт обучения. Предлагаемая модель предлагается университетам для разработки специальных образовательных экосистем, которые позволят преподавателям не только эффективно использовать электронные образовательные технологии в своей преподавательской практике, но и находится в динамике, постоянно совершенствоваться, раскрывать творческий потенциал, тем самым создавая вокруг себя эффективную образовательную систему.

### Список использованной литературы:

- 1 Kado, ., & Dem, N. *Effectiveness of GeoGebra in Developing the Conceptual Understanding of Definite Integral at Gongzim Ugyen Dorji Central School, in Haa Bhutan. Asian Journal of Education and Social Studies*, 2020, 10(4), pp. 60–65. <https://doi.org/10.9734/ajess/2020/v10i430276>
- 2 Айым, У., Галия, К., Адими, В., Адилет, М., Камшат, З. & Гүлмира, К. *Development of the logical thinking of future mathematics teachers through the use of digital educational technologies (Cypriot Journal of Educational Science)*, 2022. pp. 17(6) <https://doi.org/10.18844/cjes.v17i6.7548>
- 3 Яковлева Е.В. *Система формирования логической культуры студентов высших учебных заведений: автореф. дис. д-ра пед. наук: – Казань, 2009. – 37 с*
- 4 Осмоловская И. М. *И. Я. Лернер о процессе обучения: современное прочтение // Отечественная и зарубежная педагогика – 2017. - №3 – С. 39. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/i-ya-lerner-o-protsesse-obucheniya-sovremennoe-prochtenie>*
- 5 Sandy Verbruggen, Fien Depaepe, Joke Torbeyns, *Effectiveness of educational technology in early mathematics education: A systematic literature review, International Journal of Child-Computer Interaction, Volume 27, 2021, 100220, ISSN 2212-8689, <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2020.100220> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212868920300386>*
- 6 Boaler J., Chen L., Williams C., Cordero M. *Seeing as Understanding: The Importance of Visual Mathematics for our Brain and Learning (J Appl Computat Math)*, 2016, pp. 5: 325. doi: 10.4172/2168-9679.1000325
- 7 Zalitis, Ivars & Ignatjeva, Svetlana & Davidova, Jelena & Kokina, Irena. *The basic principles of designing a quality management system in education institutions of professional field of police and border guards*, 2020, 3765-3773. 10.21125/edulearn.2020.1033.
- 8 Monica Mincu, Min Liu, *The context in teacher education and professionalism: hierarchies, networks and markets in four countries, Editor(s): Robert J Tierney, Fazal Rizvi, Kadriye Ercikan, International Encyclopedia of Education*

(Fourth Edition), Elsevier, 2023, Pages 72-82, ISBN 9780128186299, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818630-5.04003-3>.

9 Есейқызы А., Танабаева А.М., Смагулов Е.Ж., Смагулов Б.Е. Пути развития математического мышления учащихся в процессе решения задач //Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XX Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2019. – С. 23-27.

10 Jihyun Kim, Serena Salloum, Qinyun Lin, Sihua Hu, Ambitious instruction and student achievement: Evidence from early career teachers and the TRU math observation instrument, *Teaching and Teacher Education*, Volume 117, 2022, 103779, ISSN 0742-051X, <https://doi.org/10.1016/j.tate.2022.103779>

#### References:

1 Kado, ., & Dem, N. Effectiveness of GeoGebra in Developing the Conceptual Understanding of Definite Integral at Gongzim Ugyen Dorji Central School, in Haa Bhutan. *Asian Journal of Education and Social Studies*, 2020, 10(4), pp. 60–65. <https://doi.org/10.9734/ajess/2020/v10i430276>

2 Aiyam, Y., Galiya, K., Ademi, B., Adilet, M., Kamshat, Z. & Gulmira, K. Development of the logical thinking of future mathematics teachers through the use of digital educational technologies (Cypriot Journal of Educational Science), 2022. pp. 17(6) <https://doi.org/10.18844/cjes.v17i6.7548>

3 Jakovleva E.V. Sistema formirovaniya logicheskoy kul'tury studentov vysshih uchebnykh zavedenij: avtoref. dis. d-ra ped. nauk: 13.00.08 [The system of formation of the logical culture of students of higher educational institutions: abstract of the dissertation of the Doctor of Pedagogical Sciences]. – Kazan', 2009. – 37 s. (In Russian)

4 Osmolovskaja I. M. I. Ja. Lerner o processe obuchenija: sovremennoe prochtenie [Otechestvennaja i zarubezhnaja pedagogika], 2017. №3 pp. 39. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/i-ya-lerner-o-protsesse-obucheniya-sovremennoe-prochtenie> (In Russian)

5 Sandy Verbruggen, Fien Depaep, Joke Torbeyns, Effectiveness of educational technology in early mathematics education: A systematic literature review, *International Journal of Child-Computer Interaction*, Volume 27, 2021, 100220, ISSN 2212-8689, <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2020.100220> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212868920300386>

6 Boaler J., Chen L., Williams C., Cordero M. Seeing as Understanding: The Importance of Visual Mathematics for our Brain and Learning (*J Appl Computat Math*), 2016, pp. 5: 325. doi: 10.4172/2168-9679.1000325

7 Zalitis, Ivars & Ignatjeva, Svetlana & Davidova, Jelena & Kokina, Irena. The basic principles of designing a quality management system in education institutions of professional field of police and border guards, 2020, 3765-3773. 10.21125/edulearn.2020.1033.

8 Monica Mincu, Min Liu, The context in teacher education and professionalism: hierarchies, networks and markets in four countries, Editor(s): Robert J Tierney, Fazal Rizvi, Kadriye Ercikan, *International Encyclopedia of Education (Fourth Edition)*, Elsevier, 2023, Pages 72-82, ISBN 9780128186299, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818630-5.04003-3>

9 Yesseikyzy A., Tanabaeva A.M., Smagulov E.Zh., Smagulov B.E. Puti razvitija matematicheskogo myshlenija uchashhihsja v processe reshenija zadach [Ways of developing students' mathematical thinking in the process of solving problems] //Fundamental'nye i prikladnye nauchnye issledovanija: aktual'nye voprosy, dostizhenija i innovacii: sbornik statej XX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Penza, 2019. – S. 23-27. (In Russian)

10 Jihyun Kim, Serena Salloum, Qinyun Lin, Sihua Hu, Ambitious instruction and student achievement: Evidence from early career teachers and the TRU math observation instrument, *Teaching and Teacher Education*, Volume 117, 2022, 103779, ISSN 0742-051X, <https://doi.org/10.1016/j.tate.2022.103779>

Е.Х. Жабаяев<sup>1</sup>, М.И. Ревшенова<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан  
\*e-mail: revshenova@mail.ru

## ВИРТУАЛЬНЫЕ СРЕДЫ И СИМУЛЯТОРЫ В ОБУЧЕНИИ РОБОТОТЕХНИКЕ

### Аннотация

Статья посвящена существующим подходам, виртуальным средам и симуляторам в робототехнике. Робототехника является одним из важных направлений, которые внедряются в образовательных учреждениях Казахстана. Робототехника предоставляет уникальную возможность стимулировать интерес к науке, технологии, инженерии и математике (STEM) у учащихся и развивать их навыки в области программирования, решения задач, творческого мышления. А также помогает учащимся развивать навыки командной работы, проблемного мышления, креативности и инноваций. Для обучения робототехнике можно использовать виртуальные среды и симуляторы, программные инструменты, позволяющие смоделировать и имитировать работу роботов в виртуальном окружении. Учащиеся могут программировать и тестировать свои навыки виртуально. Приведены некоторые популярные виртуальные среды и симуляторы, используемые в обучении робототехнике, в частности, Gazebo, Webots, V-REP (Virtual Robot Experimentation Platform), Robot Mesh Studio, RoboBlockly, Open Roberta Lab. Выделены особенности и возможности данных виртуальных сред и симуляторов.

**Ключевые слова:** робототехника, виртуальные среды, симуляторы, обучение, среда моделирования, датчики, программирование роботов.

### Аңдатпа

Е.Х. Жабаяев<sup>1</sup>, М.И. Ревшенова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

## РОБОТОТЕХНИКА ОҚЫТУДАҒЫ ВИРТУАЛДЫ ОРТАЛАР МЕН СИМУЛЯТОРЛАР

Мақала қолданыстағы тәсілдерге, виртуалды робототехникалық орталар мен симуляторларға арналған. Робототехника Қазақстанның білім беру жүйесінде маңызды бағыттардың бірі болып табылады. Робототехника студенттердің ғылымға, технологияға, инженерияға және математикаға (STEM) қызығушылығын оятуға және оларды программалау, есептерді шешу, шығармашылық ойлау дағдыларын дамытуға бірегей мүмкіндік береді. Сондай-ақ оқушыларға топтық жұмыс, проблемалық ойлау, шығармашылық және инновация дағдыларын дамытуға көмектеседі. Робототехниканы оқыту үшін виртуалды орталар мен симуляторларды, виртуалды ортадағы роботтардың жұмысын модельдеуге және имитациялауға мүмкіндік беретін программалық құралдарды пайдалануға болады. Оқушылар өз дағдыларын іс жүзінде программасын жазып және тексере алады. Робототехниканы оқытуда қолданылатын кейбір танымал виртуалды орталар мен симуляторлар, атап айтқанда Gazebo, Webots, V-REP (Virtual Robot Experimentation Platform), Robot Mesh Studio, RoboBlockly, Open Roberta Lab. Виртуалды орта мен симуляторлар деректерінің мүмкіндіктері мен ерекшеліктері көрсетілген.

**Түйін сөздер:** робототехника, виртуалды орта, симуляторлар, оқыту, модельдеу ортасы, сенсорлар, роботты программалау.

### Abstract

## VIRTUAL ENVIRONMENTS AND SIMULATIONS IN ROBOTICS TEACHING

Zhabayev Ye.H.<sup>1</sup>, Revshenova M. I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

The article is devoted to existing approaches, virtual environments and simulators in robotics. Robotics is one of the important areas that are being implemented in educational institutions of Kazakhstan. Robotics provides a unique opportunity to stimulate students' interest in science, technology, engineering and mathematics (STEM) and develop their skills in programming, problem solving, and creative thinking. It also helps students develop teamwork, problem thinking, creativity and innovation skills. To teach robotics, you can use virtual environments and simulators, software tools that allow you to simulate and simulate the work of robots in a virtual environment. Students can program and test their virtual skills. Some popular virtual environments and simulators used in robotics training are given, in particular, Gazebo, Webots, V-REP (Virtual Robot Experiment Platform), Robot Mesh Studio, RoboBlockly, Open Roberta Lab. The features and capabilities of these virtual environments and simulators are highlighted.

**Keywords:** robotics, virtual environments, simulators, training, simulation environment, sensors, robot programming.

## **Введение**

Робототехника испытывает стремительное развитие и все более широко применяется в различных областях. В настоящем исследовании был проведен анализ существующих подходов, виртуальных сред и симуляторов в робототехнике.

Виртуальные среды и симуляторы позволяют учащимся изучать и практиковать навыки робототехники в контролируемой и безопасной виртуальной среде. Они могут создавать и программировать виртуальных роботов, решать задачи и экспериментировать с различными сценариями. Симуляторы облегчают доступность обучения робототехнике, особенно для тех, кто не имеет доступа к физическим роботам или специализированному оборудованию.

Использование виртуальных сред и симуляторов в робототехнике имеют ряд преимуществ, которые способствуют более эффективному обучению: экономическая эффективность (симуляторы позволяют сократить затраты на разработку и тестирование робототехнических систем, снижают необходимость в физических компонентах, оборудовании), безопасность (симуляторы обеспечивают безопасную среду для проведения экспериментов и тестирования роботов), большая гибкость (позволяют создавать разнообразные виртуальные среды с различными параметрами и характеристиками, облегчая исследование и экспериментирование в разных условиях и сценариях, а также позволяет проводить множество повторных испытаний без физических ограничений), ускорение процесса разработки (можно быстро создавать и тестировать различные алгоритмы и модели робототехнических систем).

## **Методология исследования**

Был проведен первичный анализ существующих подходов и виртуальных сред и симуляторов в робототехнике, которые помогают обучающимся изучать, моделировать и имитировать работу роботов в виртуальном окружении. Они предоставляют учащимся возможность изучать и практиковать навыки робототехники без необходимости физического наличия реального робота или оборудования.

## **Результат**

В обучении робототехники учащимся применяются различные подходы, такие как проектно-ориентированный подход, использование робототехнических наборов и платформ, конкурсы и соревнования, виртуальные среды и симуляторы, которые помогают изучать и понимать основы робототехники.

Проектно-ориентированный подход предполагает, что учащиеся работают над проектами, связанными с робототехникой. Они могут строить и программировать роботов для решения конкретных задач или проблем. Проекты могут варьироваться от создания робота-манипулятора до автономного мобильного робота. Этот подход способствует практическому применению знаний и развитию навыков решения проблем[1-4].

Учащиеся могут участвовать в робототехнических конкурсах и соревнованиях, где они должны разработать и построить робота, способного выполнять определенные задачи. Это могут быть такие соревнования, как линейные маршруты, борьба роботов, автономные гонки и другие. Участие в таких соревнованиях способствует командной работе, творческому мышлению и развитию навыков инженерии и программирования.

Использование робототехнических наборов и платформ в обучении робототехники. Существуют специальные робототехнические наборы и платформы, которые предназначены для обучения учащихся основам робототехники. Эти наборы обычно включают механическую структуру робота, электронику, датчики и программное обеспечение. Они облегчают процесс построения и программирования роботов, позволяя учащимся изучать основные концепции и принципы робототехники на практике.

Для обучения робототехнике учащимся можно использовать виртуальные среды и симуляторы. Это программные инструменты, которые позволяют смоделировать и имитировать работу роботов в виртуальном окружении. Учащиеся могут программировать и тестировать свои навыки виртуально.

Виртуальные среды и симуляторы в робототехнике представляют собой программные инструменты, которые моделируют и имитируют работу роботов в виртуальном окружении. Они предоставляют учащимся возможность изучать и практиковать навыки робототехники без необходимости физического наличия реального робота или оборудования. Вот некоторые популярные виртуальные среды и симуляторы, используемые в обучении робототехнике:

**Gazebo** - мощный симулятор, который позволяет создавать и моделировать роботов и их окружение. Он предоставляет возможности для разработки и тестирования управления роботами, взаимодействия с окружающей средой, навигации и многого другого. Gazebo поддерживает различные физические движки и может быть интегрирован с различными фреймворками и платформами робототехники (Рисунок 1).

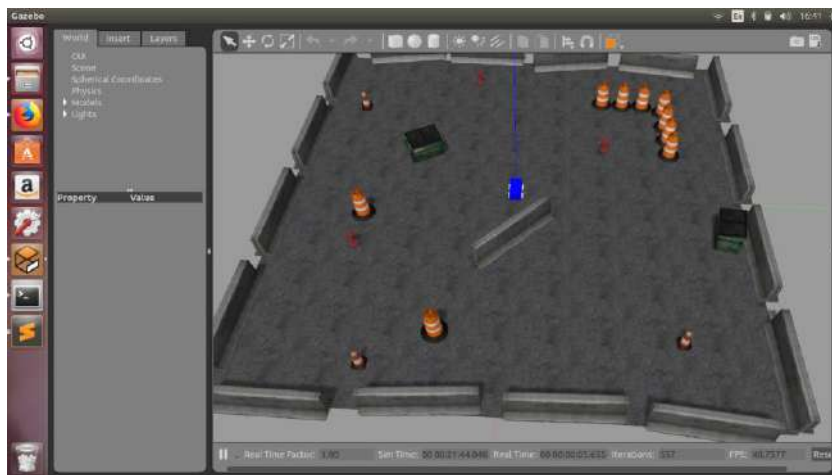


Рисунок 1. Интерфейс симулятора роботов Gazebo

Gazebo - это симулятор роботов и мощная виртуальная среда моделирования, разработанная Open Source Robotics Foundation (OSRF). Некоторые особенности и возможности Gazebo описаны ниже на рисунке 2.

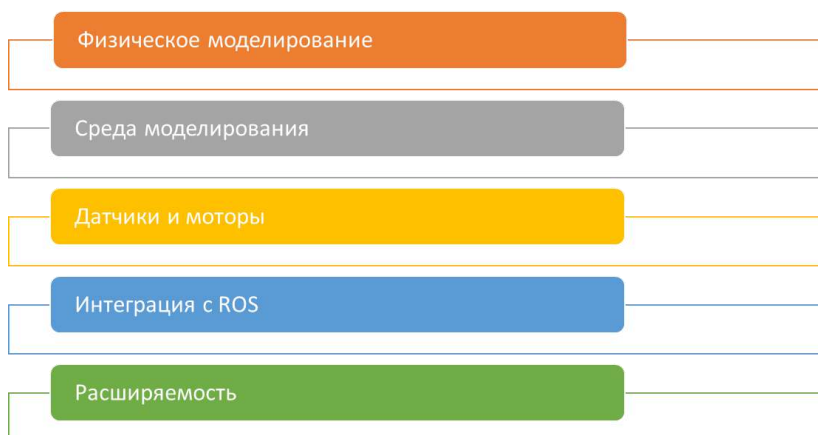


Рисунок 2. Особенности и возможности симулятора роботов Gazebo

**Физическое моделирование:** Gazebo предлагает точное физическое моделирование, позволяя разработчикам симулировать и изучать поведение роботов в реалистичной физической среде. Он учитывает факторы, такие как гравитация, трение, столкновения и динамику объектов, чтобы обеспечить точное моделирование физических взаимодействий.

**Среда моделирования:** Gazebo позволяет создавать виртуальные окружения, включающие в себя различные объекты, поверхности, препятствия, сенсоры и многое другое. Разработчики могут настраивать параметры окружения и добавлять элементы, чтобы симулировать конкретные сценарии и задачи.

**Датчики и моторы:** Gazebo поддерживает различные типы датчиков и моторов, которые могут быть добавлены к модели робота. Это включает в себя камеры, лидары, инфракрасные сенсоры, гироскопы, моторы и другие устройства. Разработчики могут настраивать параметры датчиков и моторов, а также программировать их поведение.

**Интеграция с ROS:** Gazebo тесно интегрирован с Robot Operating System (ROS), что облегчает разработку и тестирование робототехнических систем с использованием ROS. Он предоставляет

инструменты для обмена данными и командами между Gazebo и другими узлами ROS, а также для взаимодействия с пакетами и библиотеками ROS.

**Расширяемость:** Gazebo предлагает множество плагинов и расширений, которые позволяют расширять его функциональность и интегрировать дополнительные возможности. Разработчики могут создавать собственные модели роботов, сенсоров, контроллеров и других компонентов, а также делиться своими плагинами с сообществом.

**Webots** - это мультиплатформенная среда моделирования роботов, которая предоставляет реалистичную виртуальную среду для разработки и тестирования роботов. Она поддерживает различные типы роботов и датчиков, а также позволяет программировать и контролировать их поведение с использованием различных языков программирования (Рисунок 3).

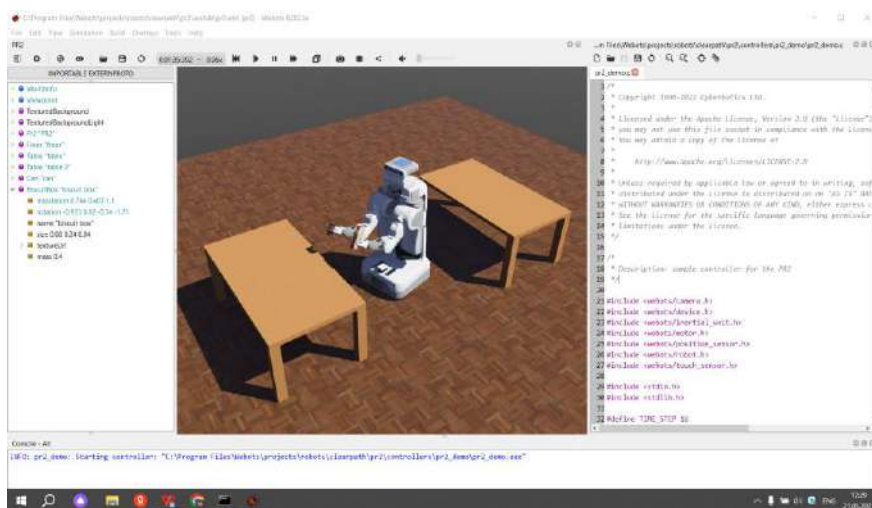


Рисунок 3. Интерфейс мультиплатформенной среды моделирования роботов Webots

Инструмент для создания виртуальных моделей роботов, их программирования и симуляции в различных средах Webots обладает некоторыми особенностями и возможностями (Рисунок 4).



Рисунок 4. Возможности мультиплатформенной среды моделирования роботов Webots

**V-REP (Virtual Robot Experimentation Platform)** - универсальная среда, разработанная компанией Coppelia Robotics, для симуляции роботов, которая предлагает широкий спектр возможностей моделирования. Она поддерживает различные типы роботов и датчиков, а также обеспечивает графический интерфейс для программирования и контроля роботов. Некоторые особенности и возможности V-REP описаны ниже на рисунке 5:

Моделирование роботов	позволяет разработчикам создавать виртуальные модели роботов с высокой степенью детализации.
Симуляция окружения	предоставляет возможность создания и симуляции различных сред и окружений, в которых работают роботы.
Программирование роботов	предоставляет удобную среду программирования для разработки поведения роботов, также поддерживает интеграцию с другими популярными языками программирования и фреймворками, такими как Python и ROS
Датчики и моторы:	поддерживает различные типы датчиков и моторов, которые могут быть добавлены к модели робота. Это включает в себя камеры, инфракрасные сенсоры, моторы и другие устройства.
Визуализация и анализ данных	предоставляет графический интерфейс, который позволяет визуализировать работу моделей роботов в реальном времени

Рисунок 5. Возможности V-REP (Virtual Robot Experimentation Platform)

**Robot Mesh Studio** – это комплексный инструмент для работы с робототехникой, предоставляемый онлайн. Он предоставляет возможности для разработки, программирования и симуляции роботов.

В Robot Mesh Studio вы можете создавать и редактировать программы на языке Blockly или Python для различных платформ робототехники, включая VEX IQ, VEX Cortex, LEGO Mindstorms EV3 и Raspberry Pi. Вы можете использовать визуальное программирование с помощью блоков Blockly или писать код на языке Python.

Симулятор в Robot Mesh Studio позволяет вам запускать и тестировать созданные программы на виртуальных роботах без необходимости физического оборудования. Это позволяет вам изучать робототехнику, экспериментировать с различными программами и проверять их работу в виртуальной среде (Рисунок 6).

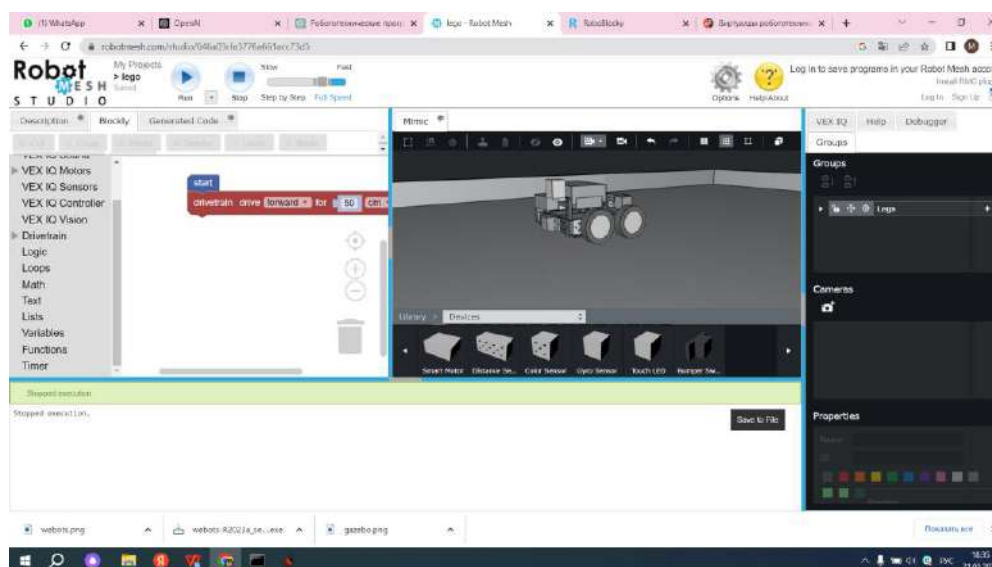


Рисунок 6. Интерфейс Robot Mesh Studio

**RoboBlockly** – это онлайн-инструмент, предназначенный для обучения программированию роботов с использованием визуальных блоков. Он разработан для помощи начинающим программистам и учащимся в изучении основ робототехники и программирования (Рисунок 7). RoboBlockly предоставляет графический интерфейс, где вы можете создавать программы для различных роботов, включая LEGO Mindstorms EV3, Dash and Dot, Sphero, mBot и других. Вы можете перетаскивать и соединять блоки программы, чтобы определить последовательность действий для вашего робота.



Рисунок 7. Интерфейс RoboBlockly

**Open Roberta Lab** - это онлайн-платформа для программирования роботов, разработанная для образовательных целей. Эта платформа предоставляет интуитивный интерфейс программирования на блоках, который позволяет начинающим и опытным программистам создавать программы для различных робототехнических платформ (Рисунок 8).

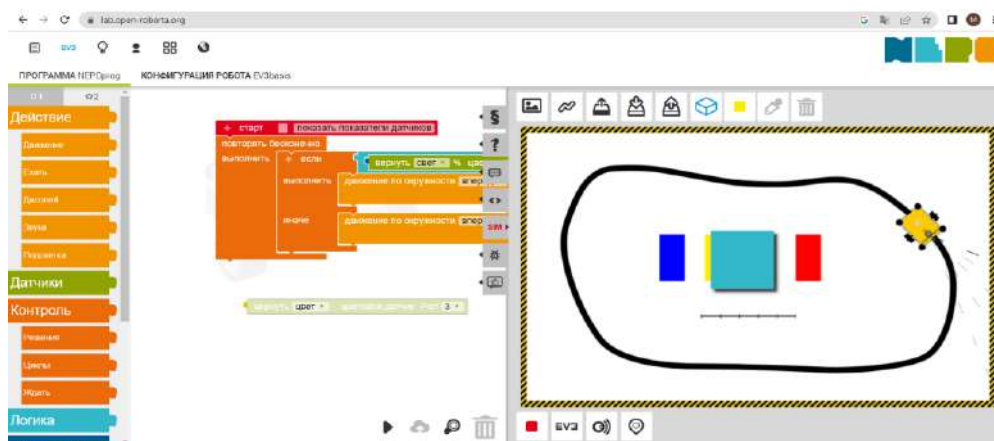


Рисунок 8. Интерфейс Open Roberta Lab

Open Roberta Lab поддерживает роботы таких производителей, как LEGO Mindstorms EV3, Arduino и Calliore mini. Вы можете выбрать свою платформу и использовать блоки программы, чтобы определить поведение робота, его движения, сенсорные взаимодействия и многое другое. Помимо этого, Open Roberta Lab предоставляет ряд обучающих ресурсов, уроков и проектов, которые помогут вам в изучении робототехники и программирования. Вы также можете делиться своими программами с другими пользователями и работать совместно над проектами [5]. Open Roberta Lab является открытым проектом и доступен бесплатно для использования. Это делает его популярным выбором среди учителей, студентов и любителей робототехники для обучения и практики программирования роботов.

Вышеописанные виртуальные среды и симуляторы играют важную роль в обучении робототехнике. Они предоставляют обучающимся возможность практической работы с роботами и средами, не требуя физического наличия реального оборудования. Виртуальные среды и симуляторы предоставляют студентам возможность изучать и практиковать программирование роботов. Обучающиеся могут создавать программы для управления роботами, задавать им задачи и наблюдать за результатами виртуальной симуляции. Это помогает им развить навыки программирования и понять основы робототехники [6].



Виртуальные среды и симуляторы позволяют студентам исследовать различные алгоритмы и архитектуры роботов без необходимости физической реализации. Обучающиеся могут моделировать различные сценарии, тестировать различные подходы и анализировать их результаты. Это способствует их пониманию принципов робототехники и помогает развить исследовательские навыки. Виртуальные среды и симуляторы позволяют студентам разрабатывать и отлаживать системы управления для роботов. Обучающиеся могут создавать модели роботов, настраивать и программировать их компоненты, а затем тестировать и проверять работу системы управления в виртуальной среде. Это помогает им развить навыки проектирования и отладки робототехнических систем. Виртуальные среды и симуляторы предоставляют платформу для исследования и разработки новых решений. Обучающиеся могут экспериментировать с различными датчиками, алгоритмами и стратегиями управления, чтобы создавать более эффективные и инновационные робототехнические системы. Использование всех видов виртуальных сред и симуляторов в обучении робототехнике возможна. Подходящий вид виртуальных сред и симулятора, используемые в обучении робототехнике выбирается исходя из образовательных задач, а также технических возможностей доступной платформы.

### **Дискуссия**

Виртуальные среды и симуляторы в робототехнике позволяют более эффективно моделировать и имитировать работу роботов в виртуальном окружении. Они предоставляют обучающимся возможность изучать и практиковать навыки робототехники без необходимости физического наличия реального робота или оборудования.

### **Заключение**

Был проведен анализ некоторых популярных виртуальных сред и симуляторов, используемые в обучении робототехнике, выявлены особенности и возможности данных платформ:

- моделирование роботов;
- симмуляция окружения;
- программирования роботов;
- датчики и моторы;
- управление ресурсами и планирование;
- расширяемость;
- визуализация и анализ данных и т.д.

Описаны ряд преимуществ использования виртуальных сред и симуляторов в робототехнике, которые способствуют более эффективному обучению:

- позволяют сократить затраты на разработку и тестирование робототехнических систем, снижают необходимость в физических компонентах, оборудовании;
- обеспечивают безопасную среду для проведения экспериментов и тестирования роботов), большая гибкость
- позволяют создавать разнообразные виртуальные среды с различными параметрами и характеристиками, облегчая исследование и экспериментирование в разных условиях и сценариях,
- ускорение процесса разработки.

Виртуальные среды и симуляторы являются отличным инструментом для обучения робототехники. Студенты и учащиеся могут практиковать программирование роботов, изучать принципы работы и взаимодействия с робототехническими системами, а также развивать навыки решения задач в безопасной и контролируемой среде.

В целом, использование виртуальных сред и симуляторов в робототехнике является важным и неотъемлемым элементом, который способствует эффективному и безопасному прогрессу в этой области.

*Статья подготовлена при финансовой поддержке Министерство науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках грантового исследования: №AP19579496 «Разработка мобильного приложения по обучению робототехнике для учащихся средней казахской школы».*

Список использованной литературы:

- 1 Сыдыхов, Б., Қойшыман, Г. и Батырхан, З. Методические особенности обучения школьников основ робототехники. Вестник «Физико-математические науки». 69, 1 (июн. 2021), 426–430.
- 2 Шекербекова, Ш., Абдулкаримова, Г., Арынова, Г. и Ербол, А. Организация проектной деятельности при обучении образовательной робототехнике будущих учителей информатики. Вестник «Физико-математические науки». 74, 2 (июл. 2021), 77–85. DOI:<https://doi.org/10.51889/2021-2.1728-7901.10>.
- 3 Нурбекова Ж., Толғанбайұлы, Т. Формирование профессиональной компетенции студентов вуза в процессе проектно-ориентированного обучения программированию микророботов. ВЕСТНИК Серия «Физико-математические науки». №2(70), (июн. 2020), 264–270. DOI:<https://doi.org/10.51889/2020-2.1728-7901.42>.
- 4 Бидайбеков Е.Ы., Григорьев С.Г., Бостанов Б.Ф. Оқытудағы робототехника: Оқу құралы. – Алматы: Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университет, «Ұлагат» баспасы, 2019. –150 б.
- 5 Климина Н.В. Виртуальная робототехника на базе робосимуляторов VEXcode VR и Open Roberta Lab. Информатика в школе. 2022, №3, 13-26
- 6 Баймендинова, А. Н. Орта білім беруде виртуалды оқытудың тиімділігі. Молодой ученый. -2022, № 12 (407), С. 318-321. URL: <https://moluch.ru/archive/407/89591>

References:

- 1 Sydyhov, B., Kojshyman, G. i Batyrhan, Z. (2021) Metodicheskie osobennosti obuchenija shkol'nikam osnov robototekhniki [Methodological features of teaching students the basics of robotics]. Vestnik «Fiziko-matematicheskie nauki». 69, 1 (ijun. 2021), 426–430. (In Russian)
- 2 Shekerbekova, Sh., Abdulkarimova, G., Arynova, G. i Erbol, A. (2021) Organizacija proektnoj dejatel'nosti pri obuchenii obrazovatel'noj robototekhnike budushhih uchitelej informatiki [Organization of project activities in teaching educational robotics to future computer science teachers]. Vestnik «Fiziko-matematicheskie nauki». 74, 2, 77–85. DOI:<https://doi.org/10.51889/2021-2.1728-7901.10>. (In Russian)
- 3 Nurbekova Zh., Tolzanbajuly, T. (2020) Formirovanie professional'noj kompetencii studentov vuza v processe proektno-orientirovannogo obuchenija programmirovaniju mikrorobotov [Formation of professional competence of university students in the process of project-oriented training in programming of micro robots]. VESTNIK Serija «Fiziko-matematicheskie nauki». No2(70), 264–270. DOI:<https://doi.org/10.51889/2020-2.1728-7901.42>. (In Russian)
- 4 Bidajbekov E.Y., Grigor'ev S.G., Bostanov B.F. (2019) Okytudagy robototekhnika [Robotics in education]: Oku kuraly. Almaty: Abaiatyndagy Kazak ulttyk pedagogikalyk universitet, «Ulagat» baspasy, 150. (In Kazakh)
- 5 Klimina N.V. (2022) Virtual'naja robototekhnika na baze robosimuljatorov VEXcode VR i Open Roberta Lab [Virtual robotics based on VEX code VR and Open Roberta Lab robot simulators]. Informatika v shkole. №3, 13-26. (In Russian)
- 6 Bajmendinova, A. N. (2022) Orta bilim berude virtualdy oqytudyń tiimdiligi [The effectiveness of virtual learning in secondary education]. Molodoy uchenyj. № 12 (407). - S. 318-321. URL: <https://moluch.ru/archive/407/89591>. (In Kazakh)

*А. Қадірбек<sup>1\*</sup>, Н. Карелхан<sup>1</sup>, А. Зандыбай<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан  
\*e-mail: aknur-kadirbek@mail.ru*

## **ARCGIS-ТЕ КАРТАМЕН ЖҰМЫС ЖАСАУДА PYTHON ТІЛІН ҚОЛДАНУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

### *Аңдатпа*

Жаһандану заманында географиялық ақпараттық жүйе (ГАЖ) тек туристерге, кәсіби мамандарға ғана емес, кез-келген пайдаланушыларға да қол жетімді болу керек. Замануи адамдар геоақпараттық жүйенің қызметтерін күнделікті өмірінде пайдалануда және оған деген тәуелділік артуда. Карта құруға арналған бағдарламалық жасақтамалардың да алуан түрі болғанымен, олардың ішінен оқу процесінде тиімді қолдануға болатын бағдарламалық жасақтаманы анықтау заман талабы. Осыған орай, жоғары оқу орындарының оқу процесінде ArcGis жүйесінде картамен жұмыс жасауда Python бағдарламалау тілін қолданудың ерекшеліктерін қарастыру мақсаты қойылған. Бұл мақсатқа жету үшін оқу процесінде «Цифрлық технологияларды салалары бойынша қолдану» пәнін оқытуда, аталған пән мазмұнына ArcGis-те Python бағдарламалау тілін қолдануға арналған тақырыптар енгізілді. Python көмегімен карталармен және геокеңістіктік деректермен жұмыс істеу үшін ArcGIS орнату және қолдану жолдары жазылған практикалық жұмыстарынан тұратын «ArcGis жүйесінде карта құруда Python бағдарламалау тілін қолдану» атты оқу-әдістемелік құралы мен цифрлық білім беру ресурстары құрастырылды. Аталған дидактикалық материалдар жоғары оқу орындарының оқу процесінде апробациядан өтіп, оң нәтиже алынды.

**Түйін сөздер:** геоақпараттық жүйе, ArcGIS, ArcPy, геоинформатика, салалар бойынша цифрлық технологиялар, оқыту процесі.

### *Аннотация*

*А. Қадірбек<sup>1</sup>, Н. Карелхан<sup>1</sup>, А. Зандыбай<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан*

## **ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯЗЫКА PYTHON В РАБОТЕ С КАРТОЙ В ARCGIS**

В эпоху глобализации географическая информационная система должна быть доступна не только туристам, профессионалам, но и любому пользователю. Современные люди пользуются услугами геоинформационной системы в своей повседневной жизни и растет зависимость от нее. Существует также большое разнообразие программного обеспечения для создания карт, определение среди них программного обеспечения, которое можно эффективно использовать в процессе обучения, является требованием времени. В этой связи поставлена цель рассмотреть особенности использования языка программирования Python в работе с картой в системе ArcGis в учебном процессе вузов. Для достижения этой цели в учебном процессе при изучении дисциплины «Цифровые технологии по отраслям применения» в содержание данной дисциплины включены темы, посвященные использованию языка программирования Python в ArcGis. С помощью Python были разработаны учебно-методическое пособие и цифровые образовательные ресурсы под названием «Использование языка программирования Python при создании карт в системе ArcGis», состоящие из практических работ по установке и применению ArcGis. Данные дидактические материалы прошли апробацию в учебном процессе и получили положительный результат.

**Ключевые слова:** геоинформационная система, ArcGIS, ArcPy, геоинформатика, цифровые технологии по отраслям, процесс обучения.

### *Abstract*

## **FEATURES OF USING PYTHON IN WORKING WITH THE MAP IN ARCGIS**

*Kadirbek A.<sup>1</sup>, Karelkhan N.<sup>1</sup>, Zandybay A.<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakstan*

In the era of globalization, a geographic information system (GIS) should be accessible not only to tourists, professionals, but also to any user. Modern people use the services of the geoinformation system in their daily lives and their dependence on it is growing. Although there is also a wide variety of software for creating maps, identifying among them software that can be used effectively in the learning process is a time requirement. In this regard, the goal is to consider the features of using the Python programming language in working with the map in the ArcGIS system in the educational process of universities. To achieve this goal in the educational process when studying the discipline "application of digital technologies by industry", the content of this discipline includes topics on the use of the Python

programming language in ArcGIS. With the help of Python, a training manual and digital educational resources were developed called "Using the Python programming language when creating maps in the ArcGIS system", consisting of practical work on installing and using ArcGIS to work with maps and geospatial data. These didactic materials have been tested in the educational process of universities and received a positive result.

**Keywords:** geographic information system (GIS), ArcGIS, ArcPy, geoinformatics, digital technologies by industry, learning process.

### **Кіріспе**

Қазіргі ақпараттық технологиялар ғасырында негізгі оңтайландыру қызметтерінің бірін ГАЖ атқарады. Адамзат географиялық ақпараттық жүйе (ГАЖ) көмегімен кез-келген қажетті мәліметтерді картадан оңай таба алады. Алайда, осы күнге дейін кейбір елді-мекендер картаға толық енгізілмеген. Бұл карта құрастыра алатын арнайы мамандардың жетіспеушілігінен туындаған.

Қазақстан Республикасында білім беруді дамытудың 2020 - 2025 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасы білім беру процесінің барлық қатысушыларының үздік білім беру ресурстары мен технологияларына тең қол жеткізуін қамтамасыз етуді және білімнің, ғылымның, өндірістің бірігуін қамтамасыз ету, зияткерлік меншік пен технологиялардың өнімдерін білім мазмұнына ендіруді көздейді [1]. Осыған орай жоғары оқу орындары заманға сай мамандар даярлау қажеттілігін талап етеді. Карталар шындықты көрнекі түрде көрсетудің және тұтынушыға кеңістіктік ақпаратты берудің ең ыңғайлы түрі болып қала береді. Кеңістікте анықталған ақпаратқа және оның картографиялық бейнесіне сүйенетін қызмет салаларында ГАЖ саласындағы мамандарға сұраныс артуда [2].

Қазіргі таңда мыңдаған түрлі ұйымдар мен жеке тұтынушылар ГАЖ технологиясын қолданады. Олар адамдар мен қоғам алдында тұрған қазіргі әлемнің мәселелерін сапалы және кәсіби түрде шешуге, сондай-ақ ұйымдардағы ақпараттық өзара іс-қимылды және жаһандық перспективаны жеңілдетуге көбірек көмектеседі [3]. ГАЖ-нақты әлем объектілерін, сондай-ақ біздің планетада болып жатқан оқиғаларды картаға түсіруге және талдауға арналған заманауи компьютерлік технология. Бұл технология сұрау және статистикалық талдау сияқты деректер қорымен жұмыс істеудің дәстүрлі операцияларын карта ұсынатын толық визуализация мен географиялық (кеңістіктік) талдаудың артықшылықтарымен біріктіреді [4]. ГАЖ бағдарламалық қамтамасыз етуді, географиялық (кеңістіктік) ақпаратты сақтау, талдау және визуализациялау үшін қажетті функциялар мен құралдарды қамтиды. Бағдарламалық өнімдердің негізгі компоненттері: географиялық ақпаратты енгізу және пайдалану құралдары; деректер базасын басқару жүйесі және объектілер топологиясын қолдау; кеңістіктік сұраныстарды қолдау, талдау және визуализация құралдары (дисплей); құралдар мен мүмкіндіктерге оңай қол жеткізуге арналған графикалық пайдаланушы интерфейсі [5] деп қарастыруымызға болады.

ArcGIS-кез келген деңгейдегі геоақпараттық жүйелерді құруға арналған жүйе. ArcGIS жұмыс үстелі бағдарламалық өнімдерінде деректерді, карталарды, глобустарды және үлгілерді оңай жасауға, содан кейін оларды жариялауға және мобильді құрылғылар арқылы жұмыс үстелі қолданбаларында, веб-браузерлерде және өрісте пайдалануға мүмкіндік береді. Әзірлеушілер үшін ArcGIS жергілікті қосымшаларды құру үшін барлық қажетті құралдарды ұсынады [6].

Карта құруда ArcGIS жүйесінде Python бағдарламалау тілін қолданатын жаңа, әрі жеңіл мүмкіндіктер бар. Қазіргі таңда Python бағдарламалау тілі кез-келген мәселелерді жоғары деңгейде шешуге мүмкіндік беретін тіл. Алайда, жаратылыстану ғылымдар саласының карта құру біліктілігін қажет ететін «B05209-География», «B05210-Гидрология», «B01524-География педагогтерін даярлау» «B05208-Экология және табиғатты пайдалану» білім беру бағдарламасының құрылымында Python бағдарламалау тілін қолданып картаны құру білім, білік, дағдысын қалыптастыратын жеке пән қарастырылмаған. Білім беру бағдарламасының мазмұнында ақпараттық технологияларға қатысты АКТ («Ақпараттық - коммуникациялық технологиялар») және «Цифрлық технологияларды салалары бойынша қолдану» пәндері ғана бар. АКТ пәні типтік бағдарлама негізінде оқытылады және оның құрамында ArcGIS жүйесінде Python бағдарламалау тілін қолданатын тақырыптар қарастырылмаған. Сондықтан, зерттеу жұмысында жаратылыстану ғылымдар саласының білім алушыларына «Цифрлық технологияларды салалары бойынша қолдану» пәнін оқытуда ArcGIS жүйесінде Python бағдарламалау тілінің карта құруға арналған жеңіл жолдарын пайдалануға арналған арнайы әдістеме қарастыру қажет.

Осыған орай **зерттеу мақсаты** «Жоғары оқу орындарының оқу процесінде ArcGIS жүйесінде картамен жұмыс жасауда Python тілін қолданудың ерекшеліктерін қарастыру».

Бұл мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды:

- Python тілінде ArcGis жүйесінде геоақпараттық жүйе құру ерекшеліктерін анықтау;
- Оқу процесінде «Цифрлық технологияларды салалары бойынша қолдану» пәні мазмұнына ArcGis-те Python тілін пайдалануға қатысты арнайы тақырыптар енгізу мен оны оқу процесінде қолдану.

Python-жалпы мақсаттағы ашық бағдарламалау тілі және ArcGis гео-өңдеуде сценарийлерге арналған бағдарламалау тілі ретінде қолданылады. Геоөңдеу функционалдығы Python көмегімен ArcGis бағдарламалық өнімдерінде ArcPy site-package механизмдерін пайдалану кезінде қол жетімді [7]. Python-да ArcPy-ді қолданудың қосымша артықшылығы - интерактивті жұмыс үшін және сценарийлер сияқты шағын бағдарламалардың прототиптерін жасау үшін жарамды, сонымен бірге Python үлкен қосымшаларды жасау үшін үлкен мүмкіндікке ие [8]. Осыған орай Python көмегімен карта құруда кез-келген жұмысты жеңіл аутоматты түрде жүзеге асыруға болады. АҚШ-ның Esri геоақпараттық жүйелерді өңдеуші компаниясының тұжырымдауына «ArcPy-бұл сәтті arcgisscripting модуліне негізделген сайт пакеті (және оның мұрагері). Оның мақсаты-Python көмегімен географиялық деректерді талдауды, деректерді түрлендіруді, деректерді басқаруды және карталарды аутоматтандыруды жүзеге асырудың пайдалы және нәтижелі әдісінің негізін құру» [9], деп жазылған.

### **Зерттеу әдіснамасы**

Зерттеу мәселесі бойынша бағдарламалық жасақтамаларға талдау; сауалнамалар жүргізу; жоғары оқу орнында карта құруда ArcGis жүйесінде Python бағдарламалау тілін қолдануға бағытталған оқыту әдістемесін құру және жүзеге асыру; математикалық статистика әдістер қолданып эксперимент нәтижелерін жинақтау.

Ғылыми нәтижелер мен алдыңғы қатардағы педагогикалық тәжірибелер авторлардың «Жаратылыстану ғылымдары салаларында геоақпараттық жүйелерді қолданудың негіздері»[10] атты мақаласында талданған. Сонымен қатар, оқу процесінде Python тілінде ArcGis жүйесінде геоақпараттық жүйе құру ерекшеліктерін анықтау үшін «Цифрлық технологияларды салалары бойынша қолдану» пәні мазмұнына ArcGis-те Python тілін қолдануға қатысты арнайы тақырыптар енгізіліп, оның оқу процесінде жүзеге асырылуы қарастырылады.

Зерттеу базасына Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті жаратылыстану ғылымдары факультетінің білім алушылары эксперименттік топ ретінде қатысса ал, бақылау тобы ретінде Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университетінің білім алушылары қатысты.

### **Талдау мен нәтижелер**

ГАЗ құруға арналған бағдарламалық жасақтамалардың артықшылығы мен кемшіліктері [11,12] (1-кесте).

Талдау нәтижесінде карта құруда түрлі бағдарламалық жасақтамалар жиі қолданатынын байқалды. Оның ішінде, ArcGis бағдарламалық пакеттерін оқу процесінде қолдану артықшылықтары көп екендігі анықталды. ГАЗ бағдарламалық жасақтамаларын талдау нәтижесінде ArcGis-ті ГАЗ орталықтарында, білім беру саласында, техникалық салалар және басқа да салалар бойынша жиі пайдаланатындығы мәлім болды. ArcGIS бағдарламасын орнату толық немесе арнайы орнатуға болады және ESRI компаниясының сайтында кез-келген пайдаланушыларға арналған тиімді нұсқалары бар.

Басқа тілдерге қарағанда ГАЗ құруда Python тілін жоғары оқу орындарында оқу процессінде пайдаланудың мынадай артықшылықтары бар:

- код ашық ArcGis Pro-сыз іске қосылады;
- карта құру, жеңіл;
- күрделі кодты жазуға және тексеруге көмектесетін көптеген мүмкіндіктерді қамтиды;
- әр түрлі IDE әр түрлі пайдаланушылар мен дайындық деңгейлеріне сәйкес келеді [13].
- ArcGis -американдық ESRI компаниясының геоақпараттық бағдарламалық өнімдерінің кешені.

Жер кадастрлары үшін, жерге орналастыру, жылжымайтын мүлік объектілерін есепке алу, инженерлік коммуникациялар жүйелері, геодезия және жер қойнауын пайдалану міндеттерінде және басқа да салаларда қолданылады [14]. Сонымен, қатар ArcGis Python тілі пайдаланушының жұмысын жеңілдетіп, өзінде орналасқан кітапханасын кеңінен пайдалануға мүмкіндік береді.

Кесте 1. ГАЗ бағдарламалық жасақтамаларына шолу

Бағдарлама атаулары	Артықшылықтары	Кемшіліктері
<b>QGIS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- тегін және ашық бастанқы бағдарламалық құрал;</li> <li>- ыңғайлы 3D интеграциясы;</li> <li>- инновациялық өңдеу, талдау;</li> <li>- үлкен пайдаланушы базасы ;</li> <li>- QGIS плагиндері функционалдылықты қосады;</li> <li>- 900-ден астам құрал (25 құралдар жиынтығы).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- тек бір қолданба деректерді сақтау мүмкіндігі;</li> <li>- PostGIS-ке сүйенеді;</li> <li>- геодеректер базасының файлына қолдау көрсетілмейді;</li> <li>- плагинге негізделген құралды ұсынады;</li> <li>- жоғары мамандандырылған құралдар жоқ;</li> <li>- 3D және LiDAR үшін тұрақтылық мәселелері бар;</li> <li>- веб-картографияның шектеулі мүмкіндіктері;</li> <li>- жаңа технологияларда артта қалды;</li> <li>- OBIA сияқты кескіндерді жіктеу.</li> </ul>
<b>MapInfo кәсіби картасы</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- пайдаланудың қарапайымдылығы;</li> <li>- сұраныстарды және кестені басқару;</li> <li>- қуатты адрестеу және геокодтау;</li> <li>- параллельді салыстыру;</li> <li>- жақсартылған визуализация интеграциясы;</li> <li>- таспаға негізделген ақылды навигация.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- интероперабельділік және нашар форматты қолдау;</li> <li>- лицензияның жоғары құны;</li> <li>- бұлтты платформа жетіспейді;</li> <li>- онлайн карталар үшін төмен функционалдылық;</li> <li>- қашықтықтан зондтауды талдауға нашар қолдау.</li> </ul>
<b>gvSIG</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Қарапайым графикалық интерфейс және жақсы құжатталған;</li> <li>- Өріске арналған мобильді қосымша;</li> <li>- Қуатты CAD құралдары;</li> <li>- Интуитивті интерфейс және тұрақты жұмыс;</li> <li>- Қолдау көрсетілетін ашық бастанқы бағдарламалық жасақтама.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- FME Data Inspector-да дәстүрлі картаға түсіру нашар;</li> <li>- лицензия деңгейлері және құны;</li> <li>- өңдеу және байланыстыру құралдары жоқ;</li> <li>- веб-карталар мен қосымшаларға арналған шағын функционалдылық;</li> <li>- қашықтықтан зондтауды жіктеу және талдау.</li> </ul>
<b>ArcGis</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- төрт қосымша ұсынылған: ArcMap , ArcCatalog , ArcGlobe және ArcScene;</li> <li>- деректерді сақтау мүмкіндігі;</li> <li>- файлға негізделген пішін файлдары;</li> <li>- геодеректер базасының файлдарын қолдау;</li> <li>- плагинге негізделген құрал емес, әртүрлі құралдар бар;</li> <li>- картаға түсіру және ГАЗ ;</li> <li>- бірыңғай 3D интеграциясы;</li> <li>- Python көмегімен карталармен және геокеңістіктік деректермен жұмыс жеңіл;</li> <li>- нақты картография және таңбалау;</li> <li>- ArcGIS Online мен нақты интеграция;</li> <li>- веб-карталар мен қосымшаларға арналған ArcGIS Online;</li> <li>- жақсартылған және интуитивті өңдеу 1500-ден астам құрал;</li> <li>- геоөңдеу (35 құралдар жиынтығы).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- лицензияға негізделген ақылы бағдарламалық жасақтама.</li> </ul>

Осыған орай зерттеуге таңдалған «Цифрлық технологияларды салалары бойынша қолдану» пәні мазмұнына ArcGis қолданылды.

Сонымен қатар ArcGis-те Python тілін пайдалануға қатысты арнайы тақырыптар енгізілді:

1. Python көмегімен карталармен және геокеңістіктік деректермен жұмыс істеу үшін ArcGIS бағдарламасын орнату.
2. ArcPy кітапханасымен жұмыс жасау.
3. ArcPy-да қабатпен жұмыс жасау.
4. ГАЖ көмегімен мәселені шешу.
5. ArcGIS-те Python тілін қолдану арқылы карта құру.
6. Python бағдарламалау тілін қолдану арқылы кестемен жұмыс жасау.
7. ArcGIS-те Python тілін қолдану арқылы геокеңістіктік деректермен жұмыс істеу.
8. Геодеректер базасын және кеңістіктік объектілер кластарын құру.
9. ArcGIS-те жеке өңірлердің картасын құру.

Осы тақырыптардың ішінен мысал ретінде 3-практикалық жұмысты қарастырсақ, ArcGIS-те Python тілін пайдалана отырып картамен жұмыс барысында қабаттардың тізімін алуға, қабаттар туралы мәлімет алуға, қабаттардың түстерін ауыстыруға арналған мүмкіндіктер бар.

ArcMap ол ArcGis жұмыс үстелінің негізгі қосымшасы. Карта жасау, картаны талдау және деректерді өңдеуді қоса алғанда, барлық картографиялық тапсырмалар үшін қолданылады. Бұл қосымшада карталармен жұмыс жасауға болады. Картада географиялық мәліметтердің нақты көрінісі, карта қабаттарының жиынтығы, масштабты сызғыштар, солтүстік көрсеткілері және басқа элементтер бар. ArcMap -та картамен жұмыс істеудің екі нұсқасы бар-географиялық деректер түрінде және орналасу түрінде - оларда әртүрлі ГАЖ мәселелерін шешуге болады [15].

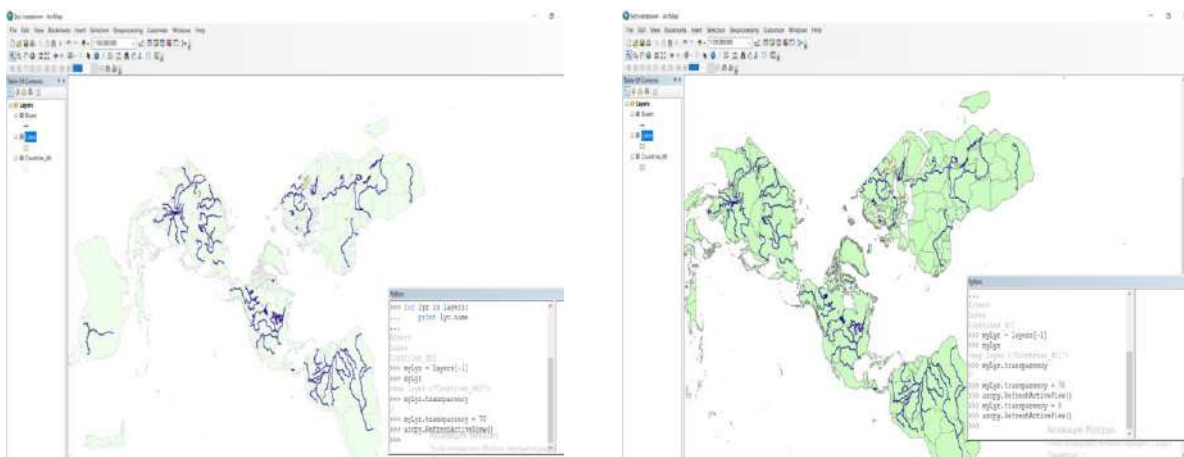
Картамен жұмыс барысында ArcMap үстелінде орналасқан Catalog батырмасын шертіп кез-келген бірнеше қабат қабатты таңдауға болады. ArcMap жұмыс үстелінде елді мекен картасы пайда болады, ал жұмыс жасау үшін алғашында Python-ға қандай жобамен жұмыс жасау керек екен көрсету қажет. Сол арқылы қабат атауларының аттары алынады. ArcGis -те қабаттар географиялық мәліметтер жиынтығы болып табылады. Қабат деректер көзіне сілтеме жасайды және егер ArcGis Pro деректерді кеңістіктік деп түсіндірсе, онда деректердің қасиеттері мен атрибуттары қабаттың картадағы көріністе немесе орналасуда қалай көрінетінін анықтайды [16].

```
>>> mxd = arcpy.mapping.MapDocument("current")
>>> mxd
<MapDocument object at 0x1805fed0[0x1b328f80]>
>>> layers = arcpy.mapping.ListLayers(mxd)
>>> layers
[<map layer u'Rivers'>, <map layer u'Lakes'>, <map layer u'Countries_dtl'>]
>>> for lyr in layers:
...     print lyr.name
...
Rivers
Lakes
Countries_dtl
```

Кейін жұмыс жасап отырған картадағы қабаттардың ашықтығының өзгеруін және қайта қалыпқа әкелу жолдары қарастырылады.

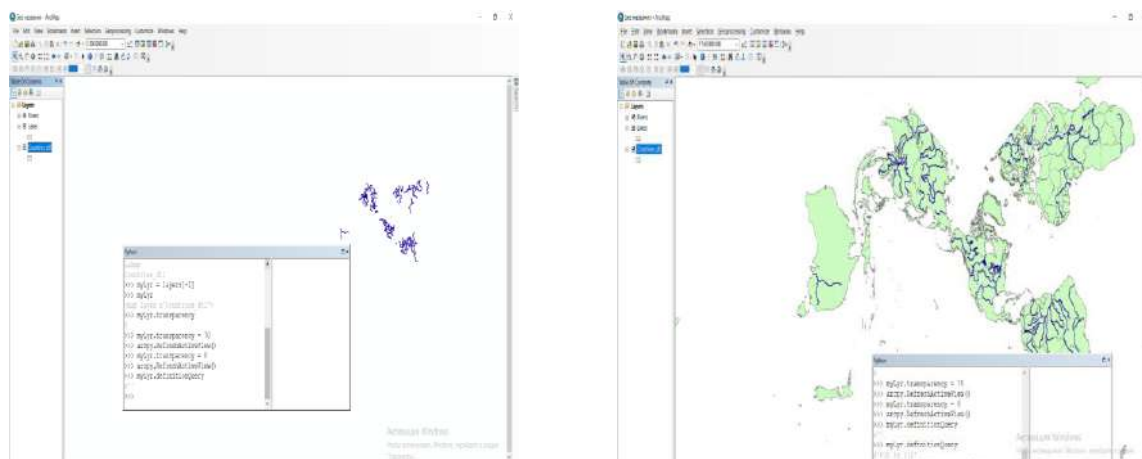
```
>>> myLyr = layers[-1]
>>> myLyr
<map layer u'Water_detail'>
>>> myLyr.transparency
0
>>> myLyr.transparency = 70
>>> arcpy.RefreshActiveView()
>>> myLyr.transparency = 0
>>> arcpy.RefreshActiveView()
```

1-суретте Python тілінің көмегімен картадағы елді мекендер қабаттарының ашықтыққа ауысқандығын және қайта орнына қалыпқа келгенін байқаймыз. Ендігі кезекте сұрау қабаты атрибуттар кестесімен *DefinitionQuery* бетін ашып өзгерістер енгіземіз және қайта қалыпқа әкелеміз.



Сурет 1. Картада өзгерістің орындалуы

```
>>> myLyr.definitionQuery
u'
>>> myLyr.definitionQuery
u'FID in (1)'
>>> myLyr.definitionQuery = 'FID in (1,2,3,4,5,6)'
>>> myLyr.definitionQuery = ''
>>> arcpy.RefreshActiveView()
```

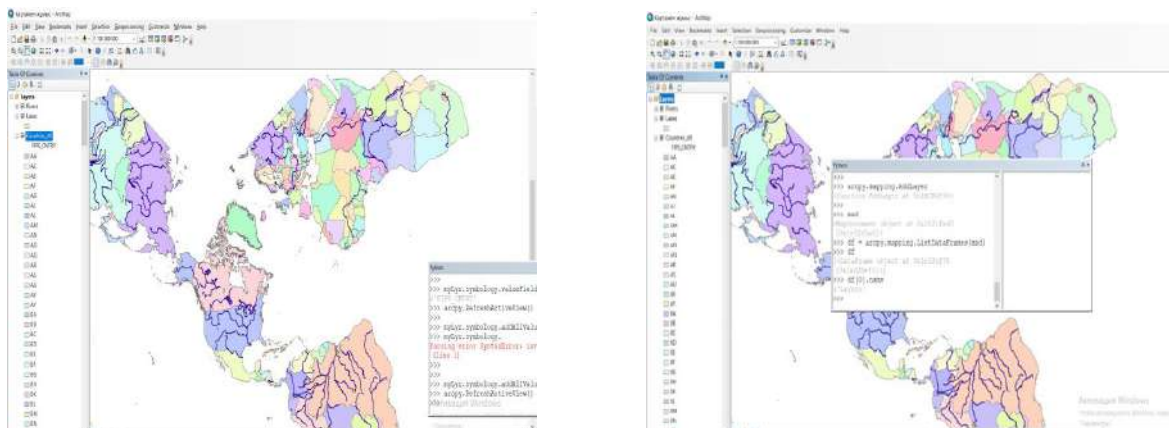


Сурет 2. Карта бетіндегі нысандардың өзгеруі

2- суретте көрсетілгендей Layer Properties бетінде орналасқан DefinitionQuery бетін ашып өзгеріс енгізуге болады. Бұл жерде қабат бетінде бір нысан қалады және қайта қалыпқа әкелеміз. Ендігі кезекте 3- суретте көрсетілгендей картадағы әр елдің түсін өзгертеміз және қабаттардың атын алу қажет.

```
>>> myLyr.symbology.addAllValues()
>>> arcpy.RefreshActiveView()
>>> mxd
<MapDocument object at 0x1821fed0[0x1c32c5a0]>
>>> df = arcpy.mapping.ListDataFrames(mxd)
>>> df
[<DataFrame object at 0x1c32cf70[0x1ad2bef8]>]
>>> df[0].name
u'Layers'
```





Сурет 3. Картадағы нысанның түсінің ауысуы

Нәтижесінде 3-суретте қабаттардың түстері әр түрлі түске боялды. Түс арқылы елді мекендерді қарауымызға және жұмыс жасап отырған картамызға тағы қабаттарды қосамыз және қосылған қабаттар туралы ақпаратты алуға болады. ArcGis жүйесінде картамен жұмыс жасауда Python тілін қолдана отырып, жасаған жұмысты аутоматты түрде жеңілдетуге болады.

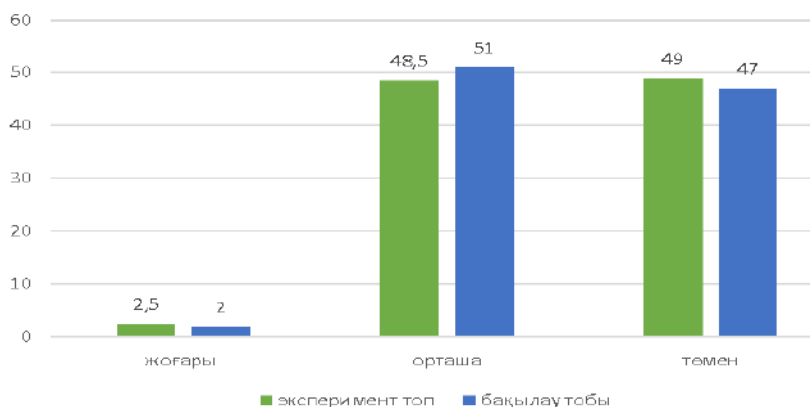
### Зерттеу нәтижелері

Сабактың тиімділігін анықтауда Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті жаратылыстану ғылымдары факультетінің 68 білім алушылары эксперименттік топта қатысса, бақылау тобына Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университетінің 51 білім алушылары қатысты.

Сауалнама айқындау және қалыптастыру кезеңінде екі рет өтті. Эксперимент өткенге дейінгі сауалнама нәтижесі (кесте 2, 4-сурет).

Кесте 2. Эксперимент өткенге дейінгі сауалнама нәтижесі

Топтар	Жоғары	Орташа	Төмен
Эксперимент топ	2,5	48,5	49
Бақылау тобы	2	51	47

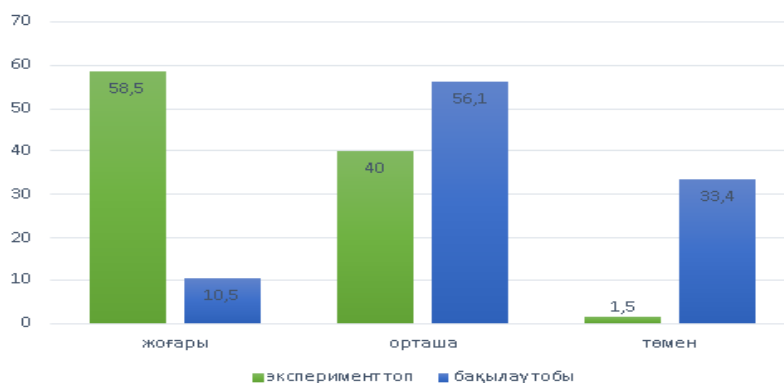


Сурет 4. Айқындау эксперимент нәтижелері.

Эксперимент өткенге дейінгі сауалнама нәтижесі (3-кесте, 5-сурет)

Кесте 3. Эксперимент өткеннен кейінгі сауалнама нәтижесі

Топтар/деңгей	Жоғары	Орташа	Төмен
Эксперимент топ	58,5	40	1,5
Бақылау тобы	10,5	56,1	33,4



Сурет 5. Қалыптастыру эксперимент нәтижелері

Эксперимент барысында екі топта да «Цифрлық технологияларды салалары бойынша қолдану» пәні 5 кредиттік оқу жоспарымен (силлабус) оқытылған. Эксперимент тобында арнайы құрастырылған 15 практикалық жұмыстардан тұратын оқу-әдістемелік құралы мен цифрлық білім беру ресурстары оқу үрдісінде пайдаланылса, бақылау тобында қолданылмады. Оқытылған пәннің қажеттілігі мен қолданылған цифрлық ресурстарының тиімділігіне қатысты эксперимент өткенге дейінгі айқындауға арналған сауалнама нәтижесінен, эксперимент топтың нәтижесі 2,5%-жоғары, 48,5 %-орташа, 49%-төмен болды. Курсты оқу нәтижесі бойынша білім алушылардың ArcGis жүйесінде картамен жұмыс жасауда Python бағдарламалау тілін меңгергені туралы сауалнама нәтижесі бойынша эксперимент өткеннен кейінгі нәтижелер 58,5%-жоғары, 40%-орташа, 1,5%-төмен болды. Ал бақылау топта бұл әдіс қолданылмағандықтан қорытынды нәтижесі айтарлықтай өзгермеді. Бұл тәжірибеде, эксперимент тобында ArcGis жүйесінде картамен жұмыс жасауда Python бағдарламалау тілін үйренуге деген қызығушылығы жоғары, білім алушылардың Python бағдарламалау тілінде дағдысының қалыптасып карта құру әдісін меңгерген білім алушылар көп болғандығы және болашақта ұсынылған курсты пайдалануға болатындығы анықталды.

### Қорытынды

Қазіргі таңда осы күнге дейін Қазақстан Республикасының кейбір елді-мекендері картаға толық ендірілмеген. Бұл еліміздегі карта құрастыра алатын арнайы мамандардың жетіспеушілігінен. Бұл мәселені шешу үшін мақалада ГАЖ құруға арналған бағдарламалық жасақтамалардың артықшылығы мен кемшіліктері талданып, оқу процесінде ArcGis жүйесін қолдану артықшылығы нақтыланды. ArcGis-де карта құру барысында арнайы жобаның кестесімен жұмыс жасауға, аутоматтандырылған түрін, түсін және елді мекендердің атын өзгертуді немесе қосуды Python бағдарламалау тілін қолдану арқылы жүзеге асыруға болады. ArcGis жүйесінде Python тілінде геоақпараттық жүйе құру аутоматты түрде, жеңіл жүзеге асатыны практикалық түрде көрсетілді. Сонымен қатар мақалада Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің оқу процесінде «Цифрлық технологияларды салалары бойынша қолдану» курс мазмұнына ендірілген ArcGis-те Python тілін қолдануға арналған арнайы тақырыптар баяндалып, оның оқу процесінде қолдану нәтижесі тиімді болды. Курсты тамамдаған білім алушылар ArcGis жүйесінде Python тілін қолдана отырып, кез-келген елді мекеннің картасын құрастыру біліктілігіне ие болады.

### Пайдаланған әдебиеттер тізімі:

- 1 Қазақстан Республикасында білім беруді және ғылымды дамытудың 2020-2025 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасын бекіту туралы, //https://adilet.zan.kz /kaz/docs/P1900000988#z8 (қаралым мерзімі: 01.04.2022).
- 2 Аминул Л. Б., Еременко О. О. Модель ГИС -образования. Вестник АГТУ. -2007. № 1 (36) -Б. 270-272.
- 3 Ананьев Ю.С. Геоинформационные системы. Учеб. пособие. -Томск: Изд. ТПУ, 2003.- 70 б.
- 4 Прохоренко Н.А., Дронов В.А. ГИС технологии. Курс лекций. Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2015. 52 б.
- 5 Леменкова П.А. Использование геоинформационных технологий в преподавании географических дисциплин в Высшей школе. Москва, 2007.-59 б.
- 6 Зайцева А.М. //Планирование будущего использования земель Ботанического сада южного федерального Университета с помощью инструментов arcgis. Ростов-на-Дону-Таганрог Изд. Южного федерального университета.- 2019.- Б. 131-133.

- 7 Python. Краткий обзор, // <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/analyze/python/a-quick-tour-of-python.htm> (қаралым мерзімі: 01.04.2022).
- 8 Справка ArcGIS, // <https://resources.arcgis.com/ru/help/main/10.2/index.html#na/000v00000v7000000> (қаралым мерзімі: 01.04.2022).
- 9 Что такое ArcPy?, // <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/arcgis-desktop/analytic/cs/what-is-arcpy/> (қаралым мерзімі: 01.04.2022).
- 10 Карелхан Н., Қадірбек А., Зандыбай А. //Жаратылыстану ғылымдары салаларында геоақпараттық жүйелерді қолданудың негіздері. Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы. Педагогика. Психология. Әлеуметтану сериясы. -2021. № 4 (137)- Б. 360-370.
- 11 ГИС и дистанционное зондирование // <https://gisrsstudy.com/qgis-vs-arcgis> (қаралым мерзімі: 01.04.2022).
- 12 30 лучших программных приложений ГИС, // <https://gisgeography.com/best-gis-software/10/> (қаралым мерзімі: 08.04.2022).
- 13 Кузнецов А.Е., Зыбцева К.А. Использование языка программирования Python в образовании //Алтайский государственный педагогический университет. Ломоносовские чтения на Алтае-Секция «Информационные технологии и системы». -2015. -Б.972-978.
- 14 ArcGIS // <https://ru.wikipedia.org/wiki/ArcGIS> (қаралым мерзімі: 01.04.2022).
- 15 География и гис // <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.7/map/main/what-is-arcmap-.htm> (қаралым мерзімі: 01.04.2022).
- 16 Слои-ArcGIS // <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/mapping/layer-properties/layers.htm> (қаралым мерзімі: 01.04.2022).

#### References:

- 1 Qazaqstan Respublikasynda bilim berudi және ғылымды дамытудың 2020-2025 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасын бекіту туралы [On approval of the State program for the development of education and science of the Republic of Kazakhstan for 2020-2025], // <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P1900000988#z8> (review period: 01.04.2022). (In Kazakh)
- 2 L. B. Aminul, O. O. Eremenko (2007) Model' GIS -obrazovaniya [GIS Education model]. Bulletin of the AGTU - 2007. № 1 (36)- P. 270-272. (In Russian)
- 3 Anan'ev Iu.S. (2003) Geoinformatsionny'e sistemy`.[ Geoinformation systems] Ucheb. Posobie. -Tomsk: Izd. TPU, 2003.- 70 p. (In Russian)
- 4 Prohorenko N.A., Dronov V.A. (2015) GIS tehnologii. [GIS technologies] A course of lectures.- Vitebsk : VSU named after P. M. Masherov, 2015.-52 p. (In Russian)
- 5 Lemenkova P.A. (2007) Ispol'zovanie geoinformatsionnykh tehnologi v prepodavanii geograficheskikh disziplin v Vyshej shkole. [The use of geoinformation technologies in the teaching of geographical disciplines in Higher education]. Moscow, 2007-59 p. (In Russian)
- 6 Zaiseva A.M. Planirovanie buduşego ispol'zovania zemel' Botanicheskogo sada iujnogo federäl'nogo Universiteta s pomosh'yu instrumentov arcgis. [Planning the future use of the lands of the Botanical Garden of the Southern Federal University using the tools of arcgis]. Rostov-on-Don-Taganrog Southern Federal University Press.- 2019.-P. 131-133.
- 7 Python. Kratkiy obzor [Python.A brief overview] // <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/analyze/python/a-quick-tour-of-python.htm> (review period: 01.04.2022).
- 8 Spravka ArcGIS, [Help for ArcGIS] // <https://resources.arcgis.com/ru/help/main/10.2/index.html#na/000v00000v7000000> (review period: 01.04.2022).
- 9 Chto takoe ArcPy?, [What is AcPy?] // <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/arcgis-desktop/analytic/cs/what-is-arcpy/> (review period: 01.04.2022). (In Russian)
- 10 Karelhan N., Qadrbek A., Zandybai A. (2021) //Jaratylystanu ғылымдары салаларында геоақпараттық жүйелерді қолданудың негіздері. [Fundamentals of the application of Geoinformation systems in the field of Natural Sciences]. Bulletin of the L.N. Gumilev Eurasian National University. Pedagogy. Psychology. Sociology Series. №4 (137) P. 360-370. (In Russian)
- 11 GIS i distantsionnoe zondirovanie, [GIS and remote sensing] // <https://gisrsstudy.com/qgis-vs-arcgis> (review period: 01.04.2022). (In Russian)
- 12 30 luchshih programnykh prilozheni GIS, [30 best GIS software applications] // <https://gisgeography.com/best-gis-software/10/> (review period: 08.04.2022). (In Russian)
- 13 Kuznesov A.E., Zybseva K.A. (2015) //Ispol'zovanie iazyka programirovaniya Python v obrazovanii Altajski gosudarstvennyi pedagogicheski universitet. [Using the Python programming language in education]. Lomonosovskie chtenia na Altae-Seksia "Informatsionnye tehnologii i sistemy. -2015.-P. 972-978. (In Russian)
- 14 ArcGIS, [ArcGIS] // <https://ru.wikipedia.org/wiki/ArcGIS> (review period: 01.04.2022).
- 15 Geografija i gis, [Geography and gis] // <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.7/map/main/what-is-arcmap-.htm> (review period: 01.04.2022).
- 16 Sloi-ArcGIS, [Layers-ArcGIS] // <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/mapping/layer-properties/layers.htm> (review period: 01.04.2022).

МРНТИ 20.01.07  
УДК 373.3.016:007.52:004

10.51889/2959-5894.2023.82.2.026

Н.С. Каратаев<sup>1\*</sup>, А.Б. Ибашова<sup>1</sup>, А.Қ. Мошқалов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік педагогикалық университеті, Шымкент қ., Қазақстан

<sup>2</sup> Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

\*e-mail: karataev.90@mail.ru

## БАСТАУЫШ СЫНЫП ОҚУШЫЛАРЫНА SMART-БІЛІМ БЕРУ ЖАҒДАЙЫНДА РОБОТОТЕХНИКАНЫ ОҚЫТУДЫҢ ПЕДАГОГИКАЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ

*Аңдатпа*

Мақалада «робототехника», «ақпараттық білім беру ортасы», «smart-білім беру» ұғымдарына, робототехниканы оқытудың құрамдас құрылымдық компоненттеріне теориялық талдау жасайды. Қазіргі таңда робототехника курсы бастауыш сыныптан бастап оқытылуы өзекті тақырыптардың бірі болып тұр. Бастауыш сынып оқушыларын шығармашылыққа тәрбиелеу, қол мехатроникасын ерте бастан бастап дамыту, топтық және жұптық жұмыс жасауына белгілі бір дәрежеде үлес қосу айтарлықтай нәтижеге алып келері сөзсіз. Атап айтқанда бастауыш сынып оқушылары үшін ақпараттық білім беру ортасын құру жайында айтылады. Кіріспеде робототехника жайында біраз мәлімет берілген. Сонымен қатар бастауыш сынып оқушыларына робототехниканы оқыту ақпараттық мәдениетін дамытуға, сондай-ақ ақпаратты шебер зерделеуге және өңдеуге, заманауи техникалық құралдар мен әдістерді пайдалануға ықпал ететіндігі айтылған. Бастауыш сынып оқушыларына робототехникаға қызығушылықтарын арттыра отырып, білім білік дағдыларын қалыптастыру және оқушылардың бағдарламалау элементтерін оқытудың шығармашылық деңгейін жоғарылату арқылы ақпараттық мәдениетін қалыптастыру жолдары қарастырылған. Болашақта бастауыш сынып оқушылары үшін робототехника пәні бойынша нақты әдістемелік құрал шығару жоспарлануда.

**Түйін сөздер:** SMART-білім беру, робототехника, бастауыш сынып, оқу бағдарламасы, білім берудегі робототехника.

*Аннотация*

Н.С. Каратаев<sup>1\*</sup>, А.Б.Ибашова<sup>2</sup>, А.Қ. Мошқалов<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Южно Казахстанский государственный педагогический университет, г.Шымкент, Казахстан

<sup>2</sup> Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан

## ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБУЧЕНИЯ РОБОТОТЕХНИКЕ В УСЛОВИЯХ SMART-ОБРАЗОВАНИЯ УЧАЩИХСЯ НАЧАЛЬНЫХ КЛАССОВ

В статье проводится теоретический анализ понятий «робототехника», «информационная образовательная среда», «смарт-образование», а также структурных компонентов робототехнического образования. В настоящее время преподавание курса робототехники с начальной школы является одной из актуальных тем. Воспитание учащихся младших классов к творчеству, развитие ручной мехатроники с раннего возраста, содействие в определенной степени групповой и парной работе, несомненно, принесет значительные результаты. В частности, говорится о создании информационной образовательной среды для учащихся младших классов. Во введении представлена некоторая информация о робототехнике. Кроме того, говорится, что обучение робототехнике учащихся младших классов способствует развитию информационной культуры, а также умелому изучению и обработке информации, использованию современных технических средств и методов. Предложены пути формирования информационной культуры путем повышения интереса учащихся младших классов к робототехнике, формирования умений и навыков и повышения творческого уровня обучения элементам программирования учащихся. В будущем планируется изготовить конкретное методическое пособие по предмету робототехника для учащихся младших классов.

**Ключевые слова:** SMART-образование, робототехника, начальный класс, учебная программа, робототехника в образовании.

Abstract

**PEDAGOGICAL ASPECTS OF TEACHING ROBOTICS IN THE CONDITIONS OF SMART EDUCATION OF PRIMARY SCHOOL STUDENTS**

Karatayev N.S.,<sup>1</sup> Ivashova A.B.,<sup>2</sup> Moshkalov A.K.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> South Kazakhstan State Pedagogical University, Shymkent, Kazakhstan

<sup>2</sup> Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

The article delves into a theoretical analysis of key concepts such as "robotics," "information educational environment" and "smart education," particularly focusing on the composite structural components of robotics training. Currently, the robotics course has emerged as a highly relevant and compelling subject, even for elementary school students. Encouraging the creative potential of young learners, fostering early engagement with manual mechatronics, and promoting collaborative group work promises significant educational outcomes. Also underscores that instructing robotics to younger students enhances their information literacy and proficiency in processing data, enabling them to effectively utilize modern technological tools and methods. The article explores strategies for cultivating information literacy among primary school students by kindling their interest in robotics, nurturing essential skills, and elevating the creative aspects of programming instruction.

**Keywords:** SMART - education, robotics, primary school, curriculum, robotics in education.

**Кіріспе**

Қазіргі цифрландыру заманында компьютерлік сауаттылыққа балаларды бастауыш сыныптан бастап оқыту өзекті мәселердің бірі болып отыр. Соның ішінде робототехника саласына көп көңіл аудару керек, бұл балаларға шығармашылық жұмыстармен айналысуға және өзін-өзі тәрбиелеу дағдысына үйретеді.

Робототехниканың жоғары тәртіпті сипатын ескере отырып, білім беру робототехникасы көптеген пәндерді, сондай-ақ әдіснамалық және жобалық тәсілдерді қамтитыны қазіргі таңда таңқаларлық жайт емес. Нақты ғылыми қызығушылықтар мен заманауи технологияларға байланысты роботтық платформалар мен білім беру робототехникасы салаларының әртүрлі жіктелімдері бар [1]. Жалпы, білім беру робототехикасын "роботтарды зерттеу", "роботтармен оқыту" [8] және "білім берудегі робототехника" [12] деп үш заңдылыққа бөлуге болады. Біріншісі білім беру робототехикасына бағытталған, ал екіншісі робототехника арқылы әртүрлі техникалық емес пәндерді оқытуды білдіреді. Роботтар туралы оқыту инженерлік және ақпараттық технологиялар заңдылықтарын мектептерге енгізуге бағытталған. [3] Білім беру саласында бұл роботтардың ең көп таралған түрлерін қолданады.

Роботтар геометрия және математика сияқты жаратылыстану бағытындағы сабақтарды оқыту үшін де кеңінен қолданылады. Сондықтан роботтық платформалар мен робототехника жинақтары ғылым мен инженерияны біріктіретін STEM (Science Technology Engineering Maths) білімінде жиі қолданса, ал кейбір зерттеушілер "өнер" аспектісін зерттеу үшін де білім берудегі роботтарды [6] робототехника мен өнердің интеграциясын STEM білімді жақсарту құралы ретінде қарастырады. Жалпы SMART білім беру оқушылардың технологияны меңгеруін жақсартуға, сондай-ақ белгілі бір пәндер бойынша оқытуды қолдауға бағытталған. Кейбір зерттеушілер робототехниканы интеллектуалды оқу бағдарламасы (ғылым, математика, өнер, робот және технология) арқылы білім беру саласына енгізуді ұсынды, әрине мұнда бастауыш сынып оқушыларына робототехниканы оқытудың мақсаты өзгеріссіз қалады [9].

Робот сөзі алғаш рет 1920 жылы жазылған чех жазушысы Карел Чапектің "Россумның әмбебап роботтары" атты пьесасында пайда болды, яғни Робот сөзі чех тілінде "гуманоиды машина" дегенді білдіреді. Кейінірек американдық фантаст-жазушы Айзек Азимов 1942 жылы «Хоровод» деп аталатын әңгімесінде робототехниканың үш заңын енгізді. Бірінші Робот адамға зиян тигізе алмайды немесе оның әрекетсіздігімен адамға зиян келтіруге жол бермейді. Екінші Робот бірінші заңға қайшы келетін жағдайларды қоспағанда, адам берген барлық бұйрықтарға бағынуы керек. Бірінші немесе екінші заңды бұзбау үшін Робот өзінің қауіпсіздігіне белгілі бір дәрежеде қамқорлық жасауы керек делінген. Осылайша қиял ғажайып шығармадан пайда болған робот сөзі тұтас ғылымға айналды.

Қазіргі уақытта білім берудегі робототехника саласында іргелі зерттеулер жүргізілуде және мазмұнды талдау үшін әртүрлі нәтижелер ұсынылуда. 2015-2018 жылдары Вена техникалық университеті Еуропалық Одақтың зерттеулер мен технологиялық даму жөніндегі сегізінші негіздемелік бағдарламасы аясында - Horizon 2020 қолдауымен ауқымды "STEM үшін білім беру робототехникасы" жобасы әзірленіп іске асырылды. Соңғы 20 жылдағы осы саладағы жұмысты талдайтын "Educational Robotics for STEM" жобаларының қатысушылары "білім беру робототехникасының" нақты анықтамасы жоқ екенін атап, көптеген зерттеушілер робототехниканы

жоғары білім беру әлеуеті бар технология екенін алға тартады. Соңғы кездері "робототехника" және "білім беру" сөз тіркестері басылымдарда қатар қолданылып келеді және "білім берудегі робототехника" сөзі жиі қолданылып жүр [2].

### **Зерттеу әдістері**

Білім беру робототехникасы-бұл ғылым мен техниканың қазіргі даму деңгейін көрсететін күрделі пәндік сала. Ол информатика, физика, математика мектеп пәндері бойынша білімді қамтиды [15].

Жалпы әлемде бастауыш сыныпта ақпараттық коммуникациялық технология пәнін мектептердің оқу жоспарларына енгізу тәжірибесі бұрыннан бар. Мысалы Англия 12 жылдық білім беру кезеңіне өту кезінде АКТ енгізген алғашқы елдердің бірі. Ал Қытайда 2012 жылдан бастап информатика пәні бастауыш сыныптан бастап оқыту заң жүзінде бекітілген. Австралияның бастауыш және орта білім беру жүйесіне 2015 жылы мемлекеттік оқу бағдарламасы енгізілді [7]. Компьютерлік білім 1971 жылдан басталса, ал компьютер мазмұны 2000 жылдан басталды және барлық сыныптарды компьютерлермен қамтамасыз ету міндетті бола бастады [5]. Сингапур мектеп оқушыларын есептеу ойлауымен таныстыру және шабыттандыру үшін міндетті пән ретінде Code for Fun бағдарламасын 2014 жылы енгізді. Бастауыш сынып оқушылары бағдарламалауды бағалау, мәселелерді шешу және логиканы жақсарту үшін Lego WeDo kit сияқты микроконтроллермен бірге Scratch сияқты визуалды бағдарламалау тілдерін қолдана алады.

Робототехника әдістемелік оқыту жүйесі қандай деңгейде жүзеге асырылып жатыр? Бастауыш сыныпта робототехниканы оқыту тәжірибесінің бастапқы талдауы авторлардың робототехниканы немесе оның жекелеген бөліктерін оқытудың әдістемесін сипаттай отырып, олардың өзара байланысында әдістемелік оқыту жүйесінің нақты элементтерін ажыратпайтынын көрсетеді.

Бұл зерттеулер сандық сипаттамалық зерттеу бойынша жүргізіледі. Біз әдістемелік робототехникалық жүйенің даму жағдайын талдау үшін зерттеу сұрақтарын анықтаймыз [10]: А) Бастауыш сыныпта робототехниканы оқытудың мақсаты қандай? Б) Робототехника курстарының мазмұны қандай болды? В) Оқытудың қандай әдістері, құралдары, формалары ең тиімді болып табылады? D) Робототехника курсын оқыту нәтижелерін бағалау қандай?

Қойылған міндеттерді шешу салыстырмалы және логикалық талдау шеңберінде зерттеудің жалпы ғылыми әдістерін қолдану негізінде жүзеге асырылды. Келесі эмпирикалық зерттеу эксперименттері қатысқан дәстүрлі сабақтарды талдау мен электрондық қосымшаларды пайдаланып өтілген сабақтардың нәтижелерін талдау және ұсынылған білім беру тренажерларының нәтижесі болып табылады.

Уақыт өткен сайын елімізде білім беру роботтары ресми және бейресми түрлеріне қарай маңызды бола түсуде [4]. Қазіргі уақытта робототехника курсын өз бағдарламаларына біріктіретін мектептер мен мектептен тыс оқу орындары бар. Бұл тенденция осы құралдармен байланысты шектеулерді, мүмкіндіктерді жақсырақ түсіну үшін зерттеу жұмыстарын қажет ететін жаңа білім беру ортасын жасауда. Жыл өткен сайын білім берудегі робототехника Қазақстанда белсенді дамып келеді. 2010 жылы "Парасат" ұлттық ғылыми-техникалық холдингтік компаниясы Назарбаев университетімен бірлесіп робототехника мен робототехника ғылымдарын дамыту бойынша ғылыми-техникалық бағдарлама әзірледі. Бағдарламаның мақсаттарына Назарбаев Университетінде робототехника индустриясын дамыту және робототехника технологиясындағы инновацияларды деконструкциялау және жоғары білікті мамандарды даярлау үшін ғылыми және білім беру базасын құруға кірісті. Білім және ғылым министрлігінің бастамасымен елдің кейбір оқу орындары көптеген мүмкіндіктері мен қабілеттері бар роботтарды модельдеуге және бағдарламалауға болатын ең жаңа LEGO Education жиынтықтарымен жабдықтала бастады [16]. Сабақтар күрделі техникалық пәндердің кең ауқымы бойынша дағдылар мен білімді қызықты түрде игерудің бірегей мүмкіндігін ұсынады. Сонымен бірге оқушылар логикалық ойлауды ғана емес, математикалық және алгоритмдік қабілеттерді дамытады, электрондық жүйелерді түсінеді, өз ойларын дұрыс және анық жеткізе білу қабілетін дамытады. Қиял, логика, дизайн қабілеттері, командада жұмыс істеу қабілеті және ғылыми зерттеулерге деген қызығушылық сияқты маңызды қасиеттері артады. Робототехника сабақтарында әртүрлі білім деңгейлері бойынша және мектеп бағдарламасындағы кез келген жетістіктері бар балалар үшін оқытуға ыңғайлы. Нәтижесінде балалар жобаларды өз бетінше жүзеге асыра алады [14].

Білім беру робототехникасы саласындағы зерттеулер пәнаралық байланыс арқылы оқытуға немесе топтық жұмыс немесе проблемаларды шешу сияқты дағдыларды дамытуға бағытталған. Дерексіз ұғымдарды түсіну, ғылыми зерттеулер, топтық жұмыс және робототехникаға ерте жастан бастап

қызығушылық сияқты дағдылардың пайдалы аспектілерін көрсетеді [11]. Мектептегі оқу процесінде оқыту әдістерінің тиімді қолданылуы әр мұғалім немесе оқу бағдарламасын жасаушы оқыту тұжырымдамаларының тиімді жүзеге асырылуымен білім беру принциптерін құра алуды қамтамасыз ету арқылы анықталады. Өзара әрекеттесудің мұндай формалары әр мұғалім пәндік саланың практикалық элементтерін нақты құрылымдар түрінде, формальды күрделі дидактика түрінде оқу процесіне біріктіргісі келетіндігін көрсетеді. Олар білім берудегі робототехника мен ғылымның басқа салалары үшін қол жетімді түрлерін білім беру ресурстарына ұсынды. Бір топ ғалымдардың "Робототехниканы оқытуға арналған қолжетімді білім беру ресурстары" атты мақаласында [13] электронды оқулық арқылы оқытуды бақылау, яғни кодтау құралдарын үйрену және т.б. түсіндіреді. Бұл цифрлық материалдардың барлығы әртүрлі деңгейлерде робототехника бойынша оқытуды жеңілдетуге бағытталған. Электронды оқулық арқылы оқыту әдістері оқушыларға да, мұғалімге де білім берудегі робототехника туралы білімді дамытуға ықпал етеді. Мысалы, бастауыш сынып робототехникасы тренажері Lego EV3 элементтерімен танысуға және олармен жұмыс істеуге көмектеседі (сурет 1).



Сурет 1. Жалпы білім беретін мектептің бастауыш сыныбына арналған робототехника курсының электронды қосымшасы

Электронды қосымша бастауыш сынып оқушылары үшін робототехниканы оқытудың барлық қажетті элементтерімен жабдықталған және бұл тренажер мұғалімдерге Lego EV3 жинағының бөлшектерімен виртуалды танысуға, оқушыларға үй тапсырмасын беруге және аяқталғаннан кейін орындалған жұмысты бірден бақылауға мүмкіндік беру үшін пайдалы. Бұл тренажерді робототехниканы бастауыш сыныпта smart білім беру технологиялары арқылы оқыту әдістерінің бірі ретінде қарастыруға болады. Білім беру робототехникасын оқытуда педагогикалық мүмкіндіктерді кеңейтуге, робототехникалық жобаларды құруға және білімді нығайтуға ықпал етеді. LEGO

компаниясының тренажерлері де бар, бірақ робототехника туралы жан-жақты білім алу үшін оларды сабақта Lego EV3 жинағының элементтерімен жұмыс жасау барысында көбірек зерттеу керек деп санаймыз. Ол жерде робототехниканың негізгі датчиктері мен бағдарламалаудан тұрады. Мұғалімге лабораториялық сабақта практикалық жұмысты бақылау қиынға соғады, сонымен қатар оқушылардың қауіпсіздігі үшін алдымен smart технологиясы арқылы тренажердің лабораториялық жобасын ұсыну керек. Содан кейін практикалық жұмысты бастау керек. Lego EV3 роботын іске қосудың бірнеше сатысы бар. Олар:

1. Электрондық оқулықта лабораториялық жұмысты орындау;
2. Жоба жасау және роботтарды жинау;
3. Lego EV3 роботын қосу, микроконтроллерді порттарға жалғау;
4. Роботқа бағдарлама енгізу.

Жобаның дәлдігіне көз жеткізгеннен кейін мұғалім жалғастыруды ұсынады. Осылайша, оқушы жұмысты екі кезеңде орындайды: цифрлық форматта және офлайн форматта - бұл жобаны құру кезінде білімді тиімді игеруге ықпал етеді.

Smart – білім беру жағдайында робототехниканы бастауышта оқытудың негізгі мақсаттары оқыту сатысымен байланысты. Сонымен қатар, робототехникада төмендегідей мектеп деңгейінде оқыту мақсаттары қарастырады:

- Жаратылыстану бағытындағы пәндер арқылы қоршаған орта мен тіршілік ету әлемін білу;
- Роботтарды жобалау және бағдарламалау;
- Электрониканы бағдарламалау және құру;
- Қоғам игілігі үшін инженерияны дамыту.
- Smart-білім беру жағдайындағы мақсаттары:
- Робототехникалық жүйелерді бағдарламалау;
- STEM білім;
- жаратылыстану және техникалық қосымша білім беру;
- Болашақ steam мұғалімдерінің интеграцияланған білім беру моделі.

Зерттеу жұмысы мұғалімдер мен болашақ бастауыш сынып мұғалімдерді робототехника курсы оқыту сұрақтарын зерттеп жатқандықтан тиісінше оқыту мазмұны дидактика мәселелерін, проблемалық-зерттеу, жобалау қызметі, проблемалық-бағдарламалау жағына оқытудың белсенді тұстарын қамтиды. Инновациялық оқытудың маңызды ерекшелігінің бірі оқушыға робототехника арқылы әсер ету тәсілдерін қолдана отырып, информатика мазмұнымен жұмыс істей алу мүмкіндігін қамтамасыз ету болып отыр. Ол үшін информатика мазмұнына білім жүйесіне (информатика мазмұнының түсінігі, заңдылықтар) ғана емес сонымен қатар, ғылыми ақпаратты ұйымдастыру, білімінің пәндік шынайылық туралы ғылыми білімді меңгеруге мүмкіндік туғызатын ой қызметінің кезектестігі мен мазмұнына робототехника арқылы оқыту жолдарын қарастыру керек.

Дәстүрлі оқыту бойынша оқытуда факт, құбылыстардың байланысы және қарым-қатынасы туралы ғылыми мағлұматтарда көрінеді. Инновациялық оқыту бойынша осы білімдерді адамзаттың танымдық тәжірибесінен алу әдісі, жолдары анықталады. Бастауыш сыныпта информатиканы инновациялық оқытуда меңгеруге тиісті білімдердің жиынтығы ғана емес, сонымен бірге, берілген бағдарламаның мазмұнын оқушының дербесуалды таңдауының көрінуіне мүмкіндік туғызуы да қарастырылады. Информатиканың инновациялық білім арқылы оқытуында білім жүйесін мазмұндау тек қана жеке өзінің қамын ойлау емес. Олар әртүрлі интеллектуалды қызметті орындауға арналған құрал ретінде қолданылады. Дәстүрлі және инновациялық оқытудың айырмашылықтары осы.

Бұл айырмашылық 1-кестеде ұсынылған.

### **Зерттеу нәтижелері**

Талдау нәтижелері мен информатиканы оқытудың бастапқы нүктелеріне негізделген. Бастауыш сыныпта робототехниканы оқытудың көп түрлілігі мен бастауыш сыныпта басқа пәндерді қалай оқыту керектігін, жалпы ережелерді анықтайды:

- Білім беру мазмұнының білім қорын жаңарту;
- Балаларға жеке, танымдық санақ жүргізу және анализ жасау;
- Әлеуметтік қажеттіліктерді, кәсіби ниеттерді, тәуелсіз ұмтылыстарды есепке алу;
- Осы және басқа аймақтардағы геосаяси және экономикалық ерекшеліктерді, дәстүрлерді, ұлттық құрамды ескере отырып, оның әлеуметтік маңыздылығын мәдени қызметке айналдыру.



Кесте 1. Бастауыш сыныпта информатиканы дәстүрлі және инновациялық оқытудың айырмашылығы

Атауы	Дәстүрлі оқыту	Smart білім арқылы оқыту
Құрылу принципі	Ақпаратты ұйымдастыру, меңгеруге тиісті (жүйелік, ғылыми, дифференциаланған, интегралданған)	Мазмұны, түрі және формасы бойынша әртүрлі ақпаратты түсіндіру
Негізгі мақсат	Білім, білік, дағдыны меңгеруге арналғандарды мазмұндау; оларды меңгеру эталоны	Оқушының субъектілік тәжірибесін ашу; оны ғылыми білім мазмұнымен сәйкестендіру
Негізгі нәтиже	Бағдарламаның мазмұнын оның меңгеру шарттарымен игеру	Бағдарламалық материалдың мазмұнына оқушының дербес таңдамалылығын дамыту және анықтау

Алайда, осы талдаумен байланысты информатиканы заманауи зерттеу білім берудің негізі болып табылатын дәстүрлі "білім беру" парадигмасын жүзеге асырады, оның қызметі қоғамның әлеуметтік маңызды мәдени құндылықтарын жаңа дәуірдің ұрпақтарына түсіндіру болып табылады. Бастауыш сыныптағы дәстүрлі информатика мәселелері:

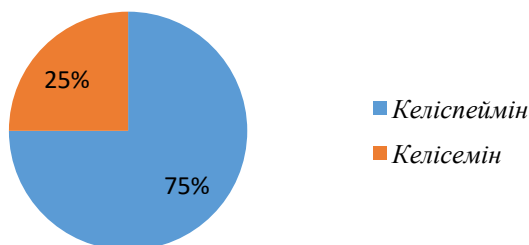
- Оқушыларды білімнің негізгі құрамымен таныстыру, оларға білімді жүйелеуге және тапсырмаларды орындау кезінде оқу іс-әрекетін жоспарлауға үйрету;
- Компьютерлер және жаңа ақпараттық-коммуникациялық технологиялар туралы алғашқы идеялардың тұсаукесері;
- Қазіргі заманның ақпараттық қоғамы, тұлға мен мемлекеттің ақпараттық қауіпсіздігі туралы хабардар ету;

Дәстүрлі информатика бойынша оқыту келесідей құрылымдалған:

- информатиканың мақсаттары мен талаптарын түсіндіретін ұсыныс хаттарды
- бағдарламаның мазмұнын
- өту мерзімдері мен көлемін (тақырыптар бойынша) көрсете отырып, тақырыптық және күнтізбелік жоспарды;
- осы бағдарламамен жұмыс істеу кезінде қысқаша ұсынымдарды пайдаланады.

Сонымен қатар, информатиканы оқыту білімді бағалауға қойылатын келесі талаптар тізбесімен қамтамасыз етіледі: оқушыны материалдың мазмұны туралы ақпараттандыру ерекшеліктері (дәлдік, сенімділік, толықтық және т.б.) бағалау критерийімен сипатталады. Дәстүрлі оқыту белгілі бір уақыт аралығында пәндердің өту тәртібін қарапайымнан күрделіге, танымалдан белгісізге ауысу мүмкіндігін тудырады. Бұл тұрғыда оқу бағдарламасы әр балаға жеке тұлға туралы ғана емес жалпы ғылыми бағыт береді. Дәстүрлі білім берудің мазмұны ассимиляция және оқыту мақсаттары үшін арнайы таңдалған ғылыми ақпаратты қамтиды. Бұл барлық оқушылар үшін міндетті және барлығына бірдей. Нәтижелерді нақтылау үшін эксперименттер бөлімде Google forms көмегімен smart білім беру жағдайында робототехниканы тану және оқыту форматы туралы оқушылар арасында сауалнама жүргізілді. "Ең тиімді оқыту – дәстүрлі оқыту" деген сұраққа, 75% жауап беру қиынға соқты, ал қалған 25% келісілді (1-сурет).

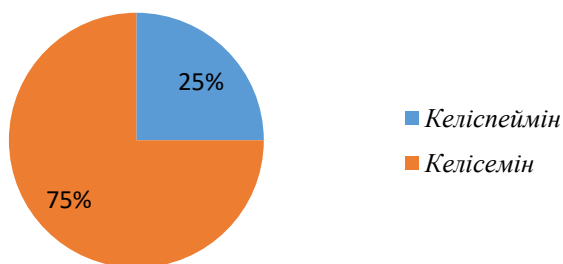
Дәстүрлі оқыту



Сурет 1. Дәстүрлі оқыту бойынша сауалнама нәтижелері

Ал "ең тиімді оқыту – электронды оқулық" деген сұраққа 75% оқыту тиімді деген пікірде, сондай-ақ 25% толық тиімді деген пікірмен келіседі (2 - Сурет ).

Электронды оқулық

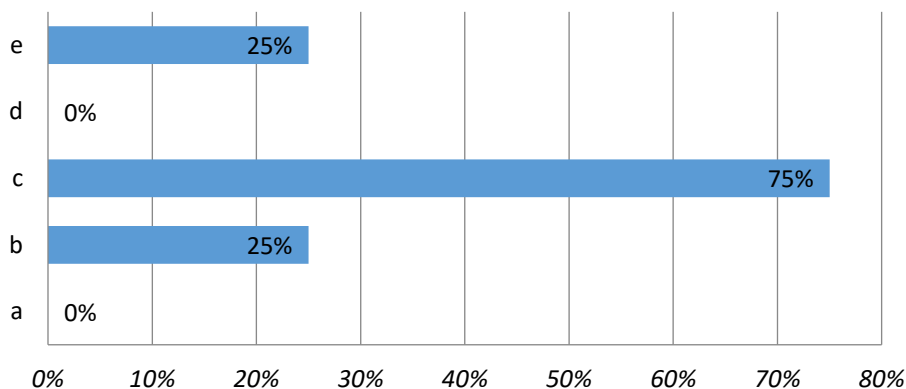


Сурет 2. Электронды оқулық бойынша сауалнама нәтижелері

"Электронды қосымша арқылы оқытудың қандай компоненттері тиімді болды" деген сұраққа жауап нәтижесі:

- ыңғайлы оқу кестесі мен формасы;
- Электронды қосымшада мұғалім мен оқушы арасында ерекше коммуникацияны қалыптастыру;
- құрылымдық оқу-әдістемелік кешен және анимациялық бейнелер;
- анимациялық түрінде ыңғайлы оқу материалы (PDF), бейне (mp4);
- бірде-бір компонент тиімді болған жоқ (3- Сурет).

Электронды қосымша тиімділігі



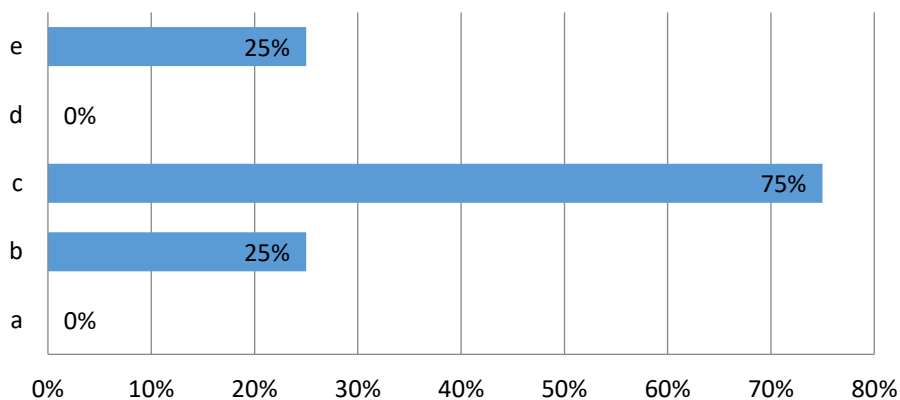
Сурет 3. Электронды қосымша арқылы оқыту тиімділігінің көрсеткіші,

Соңғы сұраққа жауап беру нәтижелері: "Электронды қосымша арқылы оқытудың қандай компоненттері тиімді болмады?"

- виртуалды форматта практикалық жұмыстарды орындау;
- мұғалім мен оқушылар арасындағы ресми "жансыз" байланыс;
- ыңғайсыз жұмыс форматы;
- шектеулі және жалықтыратын оқу ортасы;
- бірде-бір компонент тиімді болған жоқ (4-Сурет).

Осыған ұқсас зерттеуді Андреас Бирк, Эвелина Венева, Франческо Морелли және Андреас жиынтық "Робототехника курсы: онлайн оқытудың ең жақсы тәжірибелері" мақаласында жүргізді (ibid, 2021). Олар COVID-19 пандемиясы кезінде робототехника бойынша бастауыш сынып оқушыларына сабақта электрондық оқулық арқылы оқытудың бақылауларын сипаттайды және курс құрылымындағы өзгерістерді көрсетеді, берілген материалда оқушылардың үлгерімінің күтпеген өсуін көрсетеді. Оқу үлгерімін талдаудан басқа, бүкіл университет шеңберінде және нақты курстар бойынша сауалнама барысында алынған қосымша мәліметтер берілген.

Электронды қосымша тиімсіздігі



Сурет 4. Электронды қосымша арқылы оқыту тиімсіздігінің көрсеткіші

Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, сауалнама олардың оқыту формасы туралы пікірлерін анықтады: оқушылардың көпшілігі сабақта электрондық оқулық арқылы оқуды қалайды. Smart білім беру жағдайында қолданылатын электрондық оқулықтар үлкен оң әсер ететіні сөзсіз. Мұндай тапсырмаларды орындаудың виртуалды түріне үйрену үшін оқушыларға ұзақ бейімделу процесі қажет болуы мүмкін.

### Қорытынды

Білім беруде жүйелі түрде болып жатқан технологиялық процестер, негізінен, әрқашан білімді оқыту мен игерудің қолданыстағы процестерін тікелей жақсартумен байланысты болуы керек. Бұл тұрғыда әртүрлі технологиялық құралдарды енгізу педагогикалық процесті жетілдірумен және оның мүмкіндіктерін кеңейтумен қатар жүруі керек.

Оқу жоспарларына осы аспектіні қамтитын білім беру бағдарламаларының саны үнемі артып келеді, сондықтан әдістемелік жабдықтау және оқу-әдістемелік базаны нығайту қажеттілігі артып келеді. Бұл технологияны қолданудың артықшылықтары мен әлеуеті, тәуелсіздікті дамытуға, танымдық қабілеттер мен мотивацияны арттыруға ықпал етеді. Сонымен қатар, бұл процестер үкіметтің білім берудегі техникалық аспектіні дамытуға басымдық беру туралы шешімдеріне байланысты әлі де өзекті болып отыр.

*Жұмыс ҚР БҒМ грантының қаржылық қолдауымен орындалды (AP09260464 «Smart-білім беру жағдайында «Scratch» және «Робототехника» курстары бойынша бастауыш мектепте ақпараттық білім ортасын әзірлеу»)*

### Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Alimisis D. Educational robotics: Open questions and new challenges //Themes in Science and Technology Education. – 2013. – Т. 6. – №. 1. – С. 63-71.
- 2 Angel-Fernandez J. M., Vincze M. Towards a definition of educational robotics //Austrian Robotics Workshop 2018. – 2018. – Т. 37.
- 3 Bers M. U., Portsmore M. Teaching partnerships: Early childhood and engineering students teaching math and science through robotics //Journal of Science Education and Technology. – 2005. – Т. 14. – С. 59-73.
- 4 Birk A. et al. A robotics course during covid-19: Lessons learned and best practices for online teaching beyond the pandemic //Robotics. – 2020. – Т. 10. – №. 1. – С. 5.
- 5 Choi J., An S., Lee Y. Computing education in Korea—current issues and endeavors //ACM Transactions on Computing Education (TOCE). – 2015. – Т. 15. – №. 2. – С. 1-22.
- 6 Chung C. J. C. J. Integrated STEAM education through global robotics art festival (GRAF) //2014 IEEE Integrated STEM Education Conference. – IEEE, 2014. – С. 1-6.
- 7 Falkner K., Vivian R., Falkner N. The Australian digital technologies curriculum: challenge and opportunity //Proceedings of the Sixteenth Australasian Computing Education Conference-Volume 148. – 2014. – С. 3-12.
- 8 Han J., Kim D. r-Learning services for elementary school students with a teaching assistant robot //Proceedings

of the 4th ACM/IEEE international conference on Human robot interaction. – 2009. – С. 255-256.

9 Hong S. Y., Hwang Y. H. A study on smart curriculum utilizing intelligent robot simulation //Issues in Information Systems. – 2012. – Т. 13. – №. 2. – С. 131-137.

10 Kitchenham B. et al. Systematic literature reviews in software engineering—a tertiary study //Information and software technology. – 2010. – Т. 52. – №. 8. – С. 792-805.

11 Malinverni L. et al. Educational Robotics as a boundary object: Towards a research agenda //International Journal of Child-Computer Interaction. – 2021. – Т. 29. – С. 100305.

12 Malec J. Some thoughts on robotics for education //2001 AAAI spring symposium on robotics and education. – Menlo Park, CA, USA : AAAI, 2001.

13 Pozzi M., Prattichizzo D., Malvezzi M. Accessible educational resources for teaching and learning robotics //Robotics. – 2021. – Т. 10. – №. 1. – С. 38.

14 Есимханова Г.М.. Образовательная робототехника в Казахстане: опыт и перспективы развития. 2017. [Электрон. ресурс] - [https://xn--j1ahfl.xn--p1ai/library/obrazovatel'naya\\_robototekhnika\\_v\\_kazahstane\\_opit\\_i\\_075151.html](https://xn--j1ahfl.xn--p1ai/library/obrazovatel'naya_robototekhnika_v_kazahstane_opit_i_075151.html)

15 Никитина Т. В. Образовательная робототехника как направление инженерно-технического творчества школьников //Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та. – 2014. – С. 5-37.

16 Сенькина Г. Е., Ауйелбек М. А. Педагогические аспекты преподавания робототехники на основе онлайн симуляторов //Вестник КазНПУ имени Абая, серия «Педагогические науки». – 2022. – Т. 74. – №. 2. – С. 127-136.

#### Reference:

1 Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 63-71.

2 Angel-Fernandez, J. M., & Vincze, M. (2018). Towards a definition of educational robotics. In *Austrian Robotics Workshop 2018 (Vol. 37)*.

3 Bers, M. U., & Portsmore, M. (2005). Teaching partnerships: Early childhood and engineering students teaching math and science through robotics. *Journal of Science Education and Technology*, 14, 59-73.

4 Birk, A., Dineva, E., Maurelli, F., & Nabor, A. (2020). A robotics course during COVID-19: Lessons learned and best practices for online teaching beyond the pandemic. *Robotics*, 10(1), 5.

5 Choi, J., An, S., & Lee, Y. (2015). Computing education in Korea current issues and endeavors. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 15(2), 1-22.

6 Chung, C. C. J. (2014, March). Integrated STEAM education through global robotics art festival (GRAF). In *2014 IEEE Integrated STEM Education Conference (pp. 1-6)*. IEEE.

7 Falkner, K., Vivian, R., & Falkner, N. (2014, January). The Australian digital technologies curriculum: challenge and opportunity. In *Proceedings of the Sixteenth Australasian Computing Education Conference-Volume 148 (pp. 3-12)*.

8 Han, J., & Kim, D. (2009, March). r-Learning services for elementary school students with a teaching assistant robot. In *Proceedings of the 4th ACM/IEEE international conference on Human robot interaction (pp. 255-256)*.

9 Hong, S., & Hwang, Y. H. (2012). A study on smart curriculum utilizing intelligent robot simulation. *Issues in Information Systems*, 13(2), 131-137.

10 Kitchenham, B., Pretorius, R., Budgen, D., Brereton, O. P., Turner, M., Niazi, M., & Linkman, S. (2010). Systematic literature reviews in software engineering—a tertiary study. *Information and software technology*, 52(8), 792-805.

11 Malinverni, L., Valero, C., Schaper, M. M., & de la Cruz, I. G. (2021). Educational Robotics as a boundary object: Towards a research agenda. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 29, 100305.

12 Malec, J. (2001, March). Some thoughts on robotics for education. In *2001 AAAI spring symposium on robotics and education*. Menlo Park, CA, USA: AAAI.

13 Pozzi, M., Prattichizzo, D., & Malvezzi, M. (2021). Accessible educational resources for teaching and learning robotics. *Robotics*, 10(1), 38.

14 Esimxanov G.M. Qazaqstandaǵı bilim berw robototexnikası: tajiribe jane damu bolashagı. 2017. [Educational robotics in Kazakhstan: experience and development prospects] [https://xn--j1ahfl.xn--1ai/library/obrazovatel'naya\\_robototekhnika\\_v\\_kazahstane\\_opit\\_i\\_075151.html](https://xn--j1ahfl.xn--1ai/library/obrazovatel'naya_robototekhnika_v_kazahstane_opit_i_075151.html) (In Russian)

15 Nikitina T.V. Obrazovatel'naya robototekhnika kak napravleniye inzhenerno-tehnicheskogo tvorchestva shkol'nikov [Educational robotics as a direction of engineering and technical creativity of schoolchildren]: uchebnoye posobiye / T.V. Nikitina. Chelyabinsk: Izdatel'stvo Chelyabinsk. gosudarstvennyy pedagogicheskiy universiteta, 2014. pp 169. (In Russian)

16 Sen'kina, G. Ye., & Auyelbek, M. A. (2022). Pedagogicheskiye aspekty prepodavaniya robototekhniki na osnove onlayn simulyatorov [Pedagogical aspects of teaching robotics based on online simulators]. *Vestnik KazNPU imeni Abaya, seriya «Pedagogicheskiye nauki», no 74(2)*, pp 127-136. (In Russian)

## VIRTUAL PLATFORM FOR PASSING LABORATORY CLASSES IN COMPUTER SCIENCE

Madyarova G.A.<sup>1\*</sup>, Aubakirov T.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Gymnasium 120 named after Mazhit Begalin

\*e-mail: madyarova-gulnar@mail.ru

### Abstract

The article analyzed platforms for conducting online laboratory classes, which led to the proposal of a virtual learning platform as a solution for creating a learning environment. Modern distance learning platforms combined with pedagogical technologies provide the convenience of learning through online tasks in the process of meeting the requirements of students. Based on the identified results, video tutorials, tasks, and theory were proposed in order to improve educational achievements. The analysis revealed the absence of platforms for conducting online laboratory classes in the Kazakh language. Based on these studies, the content and structure of the online learning environment for passing laboratory classes in computer science in the 7th grade of secondary school based on the textbook computer science is determined. The platform for conducting online laboratory classes was created using WordPress and additional plugins.

**Keywords:** Internet technologies, digital technologies, distance learning, online platforms, electronic resource, laboratory work.

### Аңдатпа

Г.А. Мадьярова<sup>1</sup>, Т.М. Аубакиров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Аль-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Мәжит Бегалин атындағы №120 гимназия, Алматы қ., Қазақстан

## ИНФОРМАТИКАДАН ЗЕРТХАНАЛЫҚ САБАҚТАРДЫ ӨТКІЗУГЕ АРНАЛҒАН ВИРТУАЛДЫ ПЛАТФОРМА

Мақалада онлайн-зертханалық сабақтарды өткізуге арналған платформалар сараланды, нәтижесінде оқыту ортасын құру үшін шешім ретінде виртуалды оқыту платформасы ұсынылды. Қашықтықтан оқытудың заманауи платформалары педагогикалық технологиялармен үйлескен студенттердің талаптарын қанағаттандыру процесінде онлайн тапсырмалар арқылы оқытудың ыңғайлылығын қамтамасыз етеді. Анықталған нәтижелер негізінде оқу жетістіктерін жақсарту мақсатында бейнесабақтар, тапсырмалар, теория ұсынылды. Талдау қазақ тілінде онлайн-зертханалық сабақтар өткізуге арналған платформалардың жоқтығын анықтады. Осы зерттеулер негізінде орта мектептің 7-сыныбында информатика оқулығы негізінде информатика бойынша зертханалық сабақтардан өту үшін онлайн-оқыту ортасының мазмұны мен құрылымы анықталды. Онлайн-зертханалық сабақтарды өткізуге арналған Платформа WordPress және қосымша плагиндерді пайдалана отырып құрылды. Оған тиімді таңдалған тақырыптар бойынша бейнесабақтар, түрлі қосымша қызықты ақпарат және білімді бекітуге арналған тест тапсырмалары кіреді.

**Түйін сөздер:** интернет-технологиялар, цифрлық технологиялар, қашықтықтан оқыту, онлайн-платформалар, электрондық ресурс, зертханалық жұмыстар.

### Аннотация

Г.А. Мадьярова<sup>1</sup>, Т.М. Аубакиров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Гимназия №120 им. Мажита Бегалина, г. Алматы, Казахстан

## ВИРТУАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ИНФОРМАТИКЕ

В статье проанализированы платформы для проведения онлайн-лабораторных занятий, что привело к предложению виртуальной обучающей платформы в качестве решения для создания учебной среды. Современные платформы дистанционного обучения в сочетании с педагогическими технологиями обеспечивают удобство обучения посредством онлайн-заданий в процессе удовлетворения требований учащихся. На основе выявленных результатов были предложены видеоуроки, задания, теория с целью улучшения учебных достижений. Анализ выявил отсутствие платформ для проведения онлайн-лабораторных занятий на казахском языке. На основе исследований определено содержание и структура среды онлайн-обучения для прохождения лабораторных занятий по информатике в 7 классе средней школы на основе учебника информатика. Платформа

для проведения онлайн-лабораторных занятий была создана с использованием WordPress и дополнительных плагинов. Она включает видеуроки по выбранным темам, разнообразную дополнительную интересную информацию и тестовые задания для закрепления знаний.

**Ключевые слова:** интернет-технологии, цифровые технологии, дистанционное обучение, онлайн-платформы, электронный ресурс, лабораторные работы.

### **Introduction**

The relevance of the proposed research is related to the issue of distance education, which is one of the key aspects of education. By analyzing the platforms used in the distance education system and ways to improve them, it is urgent to identify the advantages and disadvantages and improve the quality of education. In the age of modern technology, it is important to use educational resources efficiently, improve professional skills, digitize, use pedagogical technologies, develop students' interest in self-study, modeling, create additional equipment for independent laboratory classes that allow students to study at home or at a convenient time. The article describes ways to solve this problem using open online platforms.

We all know that in the age of globalization, many changes are taking place in the field of education. In this regard, large-scale changes in education due to the global epidemic have required the mass introduction of distance learning. The introduction of information and communication technologies (ICT) in education has simplified the problem of education in the information society. ICT allows the learner to find sources of information at any time using Internet technology, read it independently, perform tasks, receive and process relevant materials, create lesson plans for teachers, create didactic materials, create visual aids, connect with students, learn about global news and much more. The ability to freely use world-class sources of information and use them competently in the learning process has created the need for effective use of open platforms.

The platform for conducting online laboratory classes was created using wordpress and additional plugins. It includes video tutorials on effectively selected topics, a variety of additional interesting information and test tasks to consolidate knowledge. The development of information technology affects all areas of human life, including education. One of the promising areas of research in the field of pedagogy are the use of mobile and cloud technologies. At present, the issues of improving the efficiency of independent work of students come first in terms of the use of Internet technologies [1].

Let's look at a number of definitions given by researchers to Internet technologies. N.G. Astafyeva and R.N. Avaluev consider Internet technologies as an automated environment that provides services for downloading, processing, storing, transmitting and using information on the Internet. Z.R. Devtereva refers to Internet technologies as technologies for creating and coordinating various information resources on the Internet: websites, blogs, forums and chats, electronic libraries, encyclopedias, interactive textbooks, cloud technologies, software development services, 5G Internet speed. During the global epidemic, a number of problems arose in the transition to distance learning. In this regard, in order to identify the advantages and disadvantages of distance learning for students, getting feedback from students and further improvement of distance learning has begun [2].

Researcher A.A. Andreev considers the dynamics of changes in knowledge and skills on new information technologies and the growing demand for professionals who can use Internet technology in their work and the lack of specialists who can effectively use it, as a result of the inefficient use of computer parks in educational institutions. It has a negative impact on the full use of the didactic potential of Internet technologies in the educational process. It is clear that the effective application of the advantages of traditional teaching methods in the software will improve the modern online learning process. The effectiveness of traditional methods of determining software requirements used in distributed software development scenarios plays an important role. It is necessary to analyze the current online platforms that allow free distance learning, and to modernize the platforms used in education, of course, only need to be connected to the Internet [3].

The definition given by the scientist L.I. Borodkin clarifies the concept of Internet technologies: "internet technology is a set of methods and techniques that contribute to the development of human creativity, the ability to manage social processes, search, collection, storage, processing, transmission, presentation, reception of information." devices that provide these services: online platforms, open websites for the sharing of educational materials, training courses are widely used [4].

Effective use of Internet technologies is the most advanced tool in the educational process, a well-developed information infrastructure with a rich information environment. Mastering this technology at a high level is a professional need of participants in the educational process, employees of secondary and higher education institutions. In order to master the pedagogy of e-learning platforms, to increase the digital literacy of teachers, the state has carried out a number of seminars, trainings, joining courses. As a result of the work, the use of

platforms, teaching and feedback were facilitated [5]. Experimental work is carried out to monitor the progress of students studying in the field of natural sciences and mathematics during the epidemic [6].

According to V.P. Tikhomirov, Internet technology is an emerging complex field of science, and in order to understand it in depth, it is necessary to carry out practical work in order to develop the necessary professional skills for the successful use of the Internet. The Internet is the only modern means of information exchange. It is safe to say that the site services with additional software depend on this Internet. The Internet is a learning environment for software development teams. Such tools include the development of online e-learning platforms for teachers. In this case the PRAL platform which includes platforms, internet, website creation, design, chat, messaging, e-mail, blog, discourse forum, newsletter, twitter, podcast, vodcast, youtube, newsgroup, RSS feed, facebook, flickr, wiki could be taken as an example [7].

In the works of scientific researchers, the links between the satisfaction of various categories of users, mainly students, teachers and moderators of the distance Learning Management System (LMS), and their interaction with the LMS in distance learning are considered [8, 9, 10].

Based on the features of the interaction of students and teachers with the LMS (learning environment), recommendations, platforms, components and factors that form a mixed environment analyzed in scientific papers, we propose the optimization of the learning environment in order to improve the quality of learning. We will consider the effective integration of online tools that increase student engagement into a single environment. The integrated virtual learning environment includes tools for presentations, downloading course content and PDF documents, student interaction and teacher feedback.

### Methods and tools

According to the nature of the lesson, laboratory work is a practical method of teaching. It also has an element of students' independent work. From a methodological point of view, laboratory work includes methods of developing computer skills.

Wordpress's Contact Form 7 plugins were used to manage many contact 7 objects and to flexibly adjust forms and mail content with simple adjustments. The Flamingo and multilingual Bogo plugins, provided by Takayuki Miyoshi, were widely used to record messages sent through contact forms, and the youtube.com channel was used to record videos. In order to optimize digital technologies, we have introduced ZOOM, Microsoft Excel, Python calculators to fully use the tasks of research in the laboratory environment. Integration of frequently used programs like spreadsheet, calculator and video conferencing into a virtual platform is the optimal method of this scientific work. We created video tutorials using the Renderforest constructor, we did the editing with Adobe Premier Pro. The Renderforest designer offers many ready-made templates for creating a video clip.

### Results

Let's make an expert analysis of the most widely used forms of Internet technology in distance learning today. Virtual Laboratory: Specific experience in creating multi-purpose virtualized laboratories for computer science education was developed and presented at the 20th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks. Online platforms in the education system can be divided into two types: video communication and fully operational ready-made platforms. We will first make an expert analysis of video communication platforms [11].

Work on online platforms for students and teachers is facilitated, for example, the problem of distance will be solved, there will be freedom to repeat the topic covered, the created resource will not be lost. The disadvantages include the effect of prolonged work at the computer on health, fatigue, deterioration of the psycho-emotional state of a person, the absence of such an environment as in the classroom.

From the analysis in the table (Table 1) we can see the simplicity, availability, feedback, exchange of electronic resources, high level of file sharing of popular platforms, depending on the criteria identified. Disadvantages include homework assignment, monitoring and evaluation, and performance criteria. However, these criteria are addressed through integration with other online platforms. Platforms such as *univer.kz*, *platonus.kz*, etc. are used in higher education, and *kundelik.kz*, etc. are used in secondary schools [12].

Conducting laboratory work in computer science is very difficult [13]. These include screen load time, student interest in the lesson, real-time analysis in direct contact with students, organizational work, etc. [14].

Table 1 - Expert analysis of online platforms

Criteria	Edupage	Google Classroom	Online mektep	Zoom	Microsoft Teams	Discord
free	+	+	+	+	+	+
paid	-	-	-	-	-	-
mobile version	+	+	+	+	+	+
simplicity	+	+	+	+	+	+
homework	+	+	+	+	-	-
control	+	+	+	+	-	-
evaluation	+	+	+	+	-	-
communication	+	+	+	+	+	+
correspondence	+	+	+	+	+	+
see progress	+	+	+	+	-	-
create messages	+	+	+	+	-	-
feedback	+	+	+	+	+	+
table electronic resource	+	+	+	+	+	+
file sharing	+	+	+	+	+	+

In order to find a solution to these problems, we conducted a laboratory work on the subject of computer science on the existing popular platforms Microsoft Teams and Zoom (Figures 1 and 2).

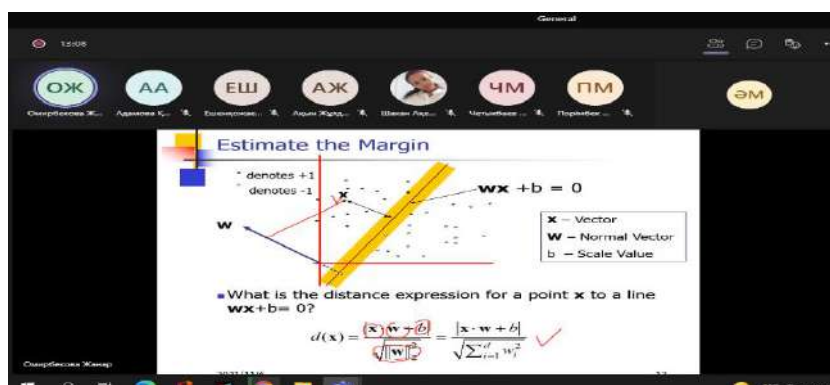


Figure 1. Experiment in Microsoft Teams

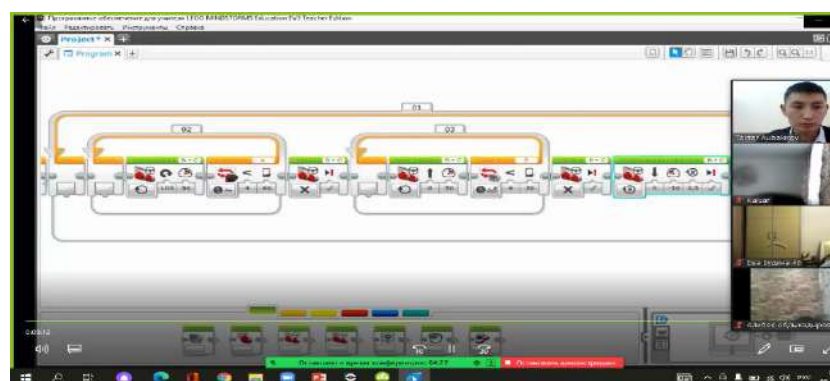


Figure 2. Experiment in the Zoom environment

As a result of the experiment, the lessons on the Zoom platform, although simple, can be organized as a time-limited conference. Although difficult in Teams, unlimited laboratory classes can be organized in the form of a video conference, showing the screen. On these platforms, learners can also show their screens and explain their work in real time. There were problems with students' time spent on laboratory work and access to the Internet. In addition, because laboratory work is thematic, we used a variety of digital technologies to



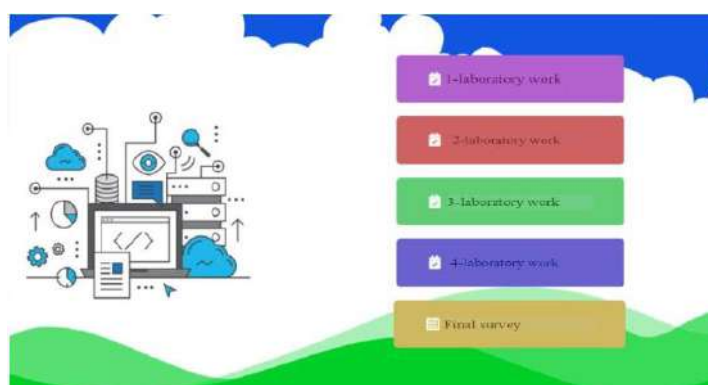
organize students' interest in the lesson through special assignments or group work, various exercises, and online tests [15].

There are a number of platforms for the development of independent learning materials, including online mektep, bilimland, topiq.kz, where you can view interactive materials for laboratory classes, which can be used as a tool for teachers. It is convenient to work with these additional learning tools, but the teacher has to work from platform to platform. Taking into account the problems and difficulties identified during the organization of laboratory classes, we created a learning environment *zerthanalar.kz*. In this learning environment, the ZOOM platform is integrated with the PYTHON code editor for interactive tasks and reports, the teacher can work only with registered students (Figure 3).



*Figure 3. Home page of zerthanalar.kz*

Students who register for the online lab can view, complete, and send homework assignments to the teacher. There is also an opportunity to provide feedback to the teacher, analyze the mistakes made in the work and get advice (Figure 4).



*Figure 4. The page of the laboratory work environment where the video lecture and the task are located*

We made the video clip using the Renderforest constructor, and the installation using the Adobe Premier Pro program. The Renderforest constructor has templates for creating a video clip. With the help of a 3D version of the same templates, video clips were created. The possibility of performing tasks related to the studied topic is considered. To find out the full name of the student performing the task, we used the plugins Ultimate Member and QSM (Quiz And Survey Master). The first one allows you to automatically fill in the user name. The second one, i.e. QSM, indicates the place it fills (Figure 5).

Special tasks were developed for online laboratory work. They allow you to work in Python, MS Word, MS Excel. It also allows the teacher to check the performance of laboratory work. Because the programming language compiler is integrated into the work environment, it is convenient to perform laboratory work. There are also video explanations of laboratory work in accordance with the topics. We have integrated the calculator into a virtual environment to make it easier for the student to complete the task. To do this, we logged into Elementor lab work and set the following link: [iframe src="https://web2.0calc.com / "width="100%"height="500"]. The calculator is on the website: <https://web2.0calc.com / website>. To insert the code of

the Shorts, the iframe plugin is used, which allows you to set the length, height of the online calculator (`width="100%" height="500"`). To create a feedback section, we used the ContactForm7 plugin. This is a plugin that allows you to get information about the user. And the user can send the file. The question is sent to the teacher's email (Figure 6).

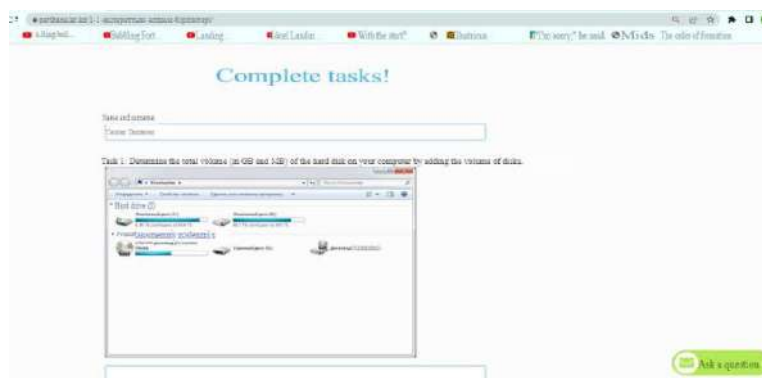


Figure 5. The task completion window

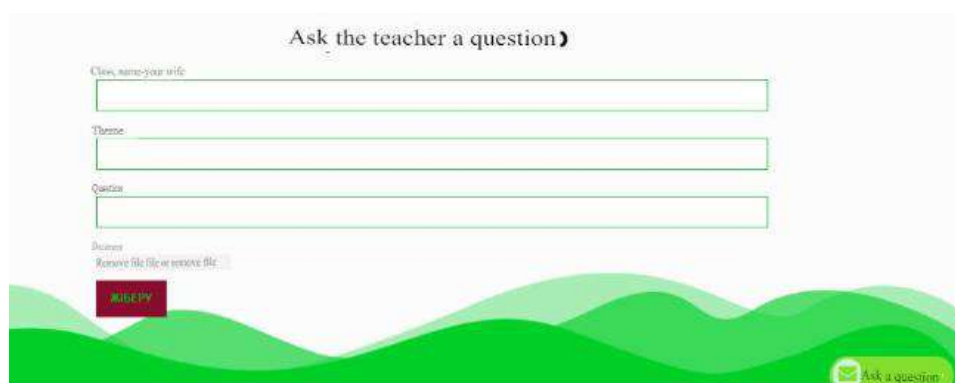


Figure 6. Feedback window

The questions of the assignment completed by the student and his answers are displayed in a special window. On this page, the teacher can evaluate the student's assignment (Figure 7).

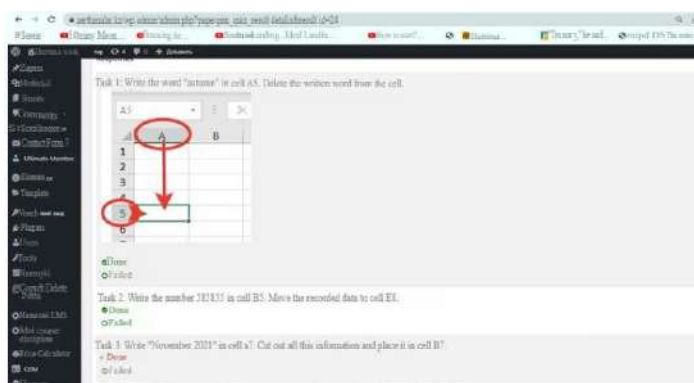


Figure 7. Section Window for viewing completed tasks

We can see the name of the student who completed the task, email, how much time he spent on the task, on what day and at what time he completed the task, his ip address. We see the fidelity of completed tasks by clicking the button "View ". Due to the fact that Computer Science is a relatively new field of science that is able to adapt to innovations in traditional or online learning, in combination with effective pedagogical technologies in distance learning, it becomes easier for students to perceive. In this regard, students studying

within the walls of the school are quickly becoming more receptive to innovation. If the main goals of distance learning with traditional training is to provide students with a high-quality education, then it is obvious that computer science is at the forefront, because digital document exchange, of course, testifies to this. This, in turn, requires teachers to have a higher level of digital literacy of students.

### Conclusion

The main goal of distance learning is to create an effective learning environment, taking into account the differences between the virtual classroom, as much as possible with the traditional form of learning. The online education system requires teachers to do a lot of research and professional development in public and private communication. Today, the online education system requires teachers to effectively use digital educational resources, the competent use of electronic information resources and the competent formation of a personal learning environment for each teacher. The laboratory workplace we offer demonstrates this need.

The following results were obtained during the study:

1. Analysis of educational resources and scientific literature with the help of Internet technology.
2. An expert analysis of the most widely used forms of modern Internet technology in distance learning was conducted, and the most effective for the laboratory environment was selected.
3. An environment with resources for laboratory work in computer science was created in the secondary school.

### References:

- 1 Madyarova G.A.r et al. *Mobile and cloud technologies in the virtual learning system. Edulearn21 Proceedings* (2021): p.6. URL: <https://library.iated.org/view/MADYAROVA2021MOB>
- 2 *The Challenges of Online Learning during Pandemic: Students' Voice March 2021 Wanastra Jurnal Bahasa dan Sastra* 13(1):08-12 <https://doi.org/10.31294/w.v13i1.9759>
- 3 *Studying and comparing the free e-learning platforms October 2016 Conference: 2016 4th IEEE International Colloquium on Information Science and Technology (CIST)* <https://doi.org/10.1109/CIST.2016.7804953>
- 4 J. Valaski, S. Reinehr and A. Malucelli, "Environment for sharing learning materials in software development teams," 2012 XXXVIII Conferencia Latinoamericana En Informatica (CLEI), 2012, pp. 1-8, <https://doi.org/10.1109/CLEI.2012.6427220>
- 5 M. M. Texeira et al., "The pedagogy of e-learning platforms: Prospects for science teaching," 2015 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), 2015, pp. 1-7, <https://doi.org/10.1109/CISTI.2015.7170558>
- 6 *The profile of problem-solving ability of students of distance education in science learning May 2018 Journal of Physics Conference Series* 1013(1):012081 <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1013/1/012081>
- 7 *Synchronous or asynchronous? Various online learning platforms studied in Indonesia 2015-2020 July 2021 Journal of Physics Conference Series* 1987(1):012016 <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1987/1/012016>
- 8 Kerimbayev, N., Nurym, N., Akramova, A. et al. *Virtual educational environment: interactive communication using LMS Moodle. Educ Inf Technol* 25, 1965–1982 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10639-019-10067-5G>
- 9 Nurgalieva, G., Tazhigulova, A. and Artykbayeva, Y. 'eLearning in Kazakhstan', in Demiray, U. et al (Eds.), *E-Learning Practices Volume I, Cases on challenges facing e-learning and national development: Institutional Studies and Practices*, Anadolu University, 2010, pp. 335-354
- 10 Sapargaliyev, D. (2012). *E-Learning in Kazakhstan: Stages of Formation and Prospects for Development. International Journal of Advanced Corporate Learning (iJAC)*, 5(4), pp. 42–45. <https://doi.org/10.3991/ijac.v5i4.2210F>
- 11 Rikka, M. Leotta, J. Reggio, A. Tiso, J. R. R. Tolkien. Herrini and M. Torciano, "Use of UniMod for maintenance tasks: experimental assessment in the context of development, managed models", 4th International Seminar 2012 on modeling in software engineering (MISE), 2012, pp. 77-83, <https://doi.org/10.1109 / MISE.2012.6226018>
- 12 *Effect of verbal creativity on problem solving abilities of junior high school students March 2020 Journal of Physics Conference Series* 1521(4):042121 <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/4/042121>
- 13 *Contribution of internet resources to mastery genetic concept on prospective teachers April 2020 Journal of Physics Conference Series* 1521(4):042010 <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/4/042010>
- 14 L. Hualleca, G. Madrid, J. Mellado, D. Vega-Araya and M. Villalobos-Cid, "An informatics tool for class-to-class planning and academic-load evaluation," 2020 39th International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC), 2020, pp. 1-5, <https://doi.org/10.1109/SCCC51225.2020.9281221>
- 15 Madyarova, G., Adamova, K, Parimbek, Z.. (2022). *Methods of asynchronous learning of computer science in the context of a pandemic. Bulletin of Kazakh National Women's Teacher Training University.* 49-56. <https://doi.org/10.52512/2306-5079-2022-89-1-49-56>

МРНТИ 14.01.11  
УДК 378.147

10.51889/2959-5894.2023.82.2.028

Т.Ф. Маратова<sup>1\*</sup>, Б.Г. Бостанов<sup>1</sup>, Я. Култан<sup>2</sup>, Д.Б. Наурызбаев<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Братиславадағы экономикалық университет, Братислава қ., Словакия

<sup>3</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

\*e-mail: maratova.tolganay1@gmail.com

## STEM НЕГІЗІНДЕ БОЛАШАҚ ИНФОРМАТИКТЕРДІ ДАЙЫНДАУ БОЙЫНША ҒЫЛЫМИ ЗЕРТТЕУЛЕРГЕ ЖҮЙЕЛІК ШОЛУ

*Аңдатпа*

Бүгінгі таңда STEM (science, technology, engineering and mathematics) тәсілдері өскелең ұрпақтың цифрлық және ғылыми сауаттылығын арттыруда жаңа әдістердің бірі. Бұл зерттеу жұмысында, Scopus бүкіләлемдік мәліметтер қорындағы рецензияланған конференциялар мен журналдарға жарияланған мақалалардың тақырыптары, түйіндемелері мен кілттік сөздері негізінде келесідей талдаулар жасалды: STEM білім беруді тереңінен зерттеуші және қолданушы мемлекеттерді анықтау; информатикада STEM білім берудің негізгі даму бағыттарын көрсету; информатикада STEM білім беруді қолдануда қарастырылатын зерттеу сұрақтарын қарастыру. Нәтижесінде, Scopus ғылыми мәліметтер қорларындағы 2018-2022 жылдар аралығындағы STEM білім беру мен информатика саласының зерттеу сұрақтары мен даму бағыттары анықталған. Бұл зерттеудің негізгі мақсаты - STEM білім беру негізінде болашақ информатика мұғалімдерін дайындау әдістемесін жетілдірудің қажеттігін анықтауға және зерттеу тенденцияларын жүйелі түрде картаға түсіруге негіз болды.

**Түйін сөздер:** STEM, білім беру, информатика, болашақ информатика мұғалімдері, әдіс, VOS Viewer.

*Аннотация*

Т.Ф. Маратова<sup>1</sup>, Б.Г. Бостанов<sup>1</sup>, Я. Култан<sup>2</sup>, Д.Б. Наурызбаев<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный женский педагогический университет, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Экономический университет в Братиславе, г. Братислава, Словакия

<sup>3</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

## СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ ИНФОРМАТИКОВ НА ОСНОВЕ STEM

Образовательные подходы STEM (science, technology, engineering and mathematics) являются одним из новых методов повышения цифровой и научной грамотности подрастающего поколения. В исследовательской работе на основе заголовков, резюме и ключевых слов статей, опубликованных в рецензируемых конференциях и журналах всемирной базы данных Scopus, был проведен следующий анализ: определение государств-исследователей и пользователей STEM-образования из глубин; показ основных направлений развития STEM-образования в информатике; рассмотрение вопросов исследования, учитываемых при использовании STEM-образования в информатике. В результате определены вопросы и направления развития исследований в области STEM образования и информатики в период с 2018 по 2022 годы в научных базах данных Scopus. Основная цель этого исследования – выявить необходимость совершенствования методики подготовки будущих учителей информатики на основе STEM-образования и заложить основу для систематического картирования тенденций исследований.

**Ключевые слова:** STEM, образование, информатика, будущие учителя информатики, метод, VOS Viewer.

*Abstract*

## A SYSTEMATIC REVIEW OF SCIENTIFIC RESEARCH ON THE TRAINING OF FUTURE INFORMATICS BASED ON STEAM

Maratova T.F.<sup>1</sup>, Bostanov B.G.<sup>1</sup>, Kultan J.<sup>2</sup>, Naurzybayev D.B.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kazakh national women's teacher training university, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>University of Economics in Bratislava, Bratislava, Slovakia

<sup>3</sup>Kazakh National Pedagogical University named after Abai, Almaty, Kazakhstan

STEM (science, technology, engineering, mathematics) educational approaches are the new methods of increasing digital and scientific literacy of the younger generation. Research paper, based on the titles, summaries and keywords of articles published in peer-reviewed journals of the Scopus world database, the following analysis was carried out: identification of research States and users of STEM from the depths; show the main directions of development of STEM

in computer science; consideration of research issues considered when using education in computer science. As a result, the issues and directions of research development in the field of STEM education and computer science in the period from 2018 to 2022 in the scientific databases of Scopus were identified. The main purpose of this study is to identify the need to improve the methods of training future computer science teachers based on STEM education and to lay the foundation for systematic mapping of research trends.

**Keywords:** STEM, education, computer science, future computer science teachers, method, VOS Viewer.

### **Кіріспе**

Соңғы жылдары ғылым, технология, инженерия және математика салаларында тек пән айналасынан бөлек тереңірек зерттеулер жүргізіп, пәнаралық байланыс жасауға негізделуі тиіс деген талаптар қойылуда - STEM бұл мәселені шешуде пайдалы құралға айналды [1].

STEM білім беру - білім алушылардың ғылыми әдістерді теориялық деңгейде оқып қана қоймай, сонымен қатар іс жүзінде қалай қолдануға болатынын түсіне алатын аралас ортаны құрушы болып табылады. Бұл әдіс негізінде білім алушылардың математика, информатика, физика, робототехника және т.б. пәндерді өзара байланыстырып оқу арқылы, өздерінің зерттеушілік құзіреттіліктерін кеңейтіп, пәнге деген қызығушылықтарын оятып, көшбасшылық қасиеттерін дамытуға мүмкіндігі болады.

Дәлірек айтқанда, STEM білім беру мүмкіндіктерін информатика саласының дәстүрлі біліммен қатар, бағыты мен оның тиімділігін анықтау барысындағы соңғы 5 жылдағы дүниежүзілік рецензияланатын ғылыми әдебиеттердің библиографиялық және рефераттық дерекқоры Scopus-та жарияланған ғылыми мақалаларға жүйелі шолу көрсетілді. Оны анықтау үшін кілттік сөздер арқылы мақала тақырыптары мен түйіндемелеріне контент-талдау әдісі жүргізілген.

STEM-ең көп сұранысқа ие пәндер ретінде ғылымды, технологияны, инженерияны және математиканы интеграцияланған зерттеуге негізделген оқыту әдісі. Білім берудегі STEM технологиялары материалды теориялық зерттеуді ғана емес, сонымен қатар практикалық қолдануды да қамтамасыз етеді [2].

STEM білім алушыларға ғылыми әдістерді теориялық деңгейде меңгеріп қана қоймай, оларды іс жүзінде қалай қолдану керектігін түсінуге мүмкіндік беретін аралас ортаны құруға негізделген. Соның негізінде, білім алушылар өздерінің зерттеу құзыреттіліктерін кеңейтуге, пәнге деген қызығушылықты оятуға және көшбасшылық қасиеттерін дамытуға мүмкіндік алады.

Қазақстанда STEM білім беру әдісі мен информатика саласын біріктіріп іске асыру жоғары білімнің алдына пәнаралық және зерттеу құзыреттілігі бар болашақ информатика мұғалімдерін дайындау міндетін қояды. Бұл дегеніміз, педагогикалық университеттің түлегі жас ұрпақты оқыту, тәрбиелеу және дамыту саласындағы стандартты кәсіби міндеттерді шеше білуден басқа, жаңа идеяларды қалыптастыруға, оларды жобаларда іске асыруға, ғылыми зерттеулер жүргізуге, олардың нәтижелерін енгізуге және басқарушылық қасиеттерге ие болуға дайын болуы керек. Себебі, жаңа заман талаптарына сәйкес бір бағыт бойынша жұмыс жасайтын мамандарға қарағанда жан-жақты дамыған мета-пәндік байланыс жасауға құзіретті мамандарды қажет етеді [3].

STEM - пәнаралық байланыс. Әдетте пәнаралық байланыс кезінде әдіске қатысушы оқытушылар арасында топтық байланыс болуы керек. Егер де оқытушылар өздерінің пәндеріне сәйкес тақырыптарын түсіндіру барысында басқа да пәндердің мазмұнымен байланыстырып түсіндіретін болса, онда нағыз пәнаралық байланыс осы болады. Әрине әр пәннің өзіне тиесілі көлемі мен мазмұны бар, алайда егер информатика және математика мұғалімдері пәнаралық байланысты енгізетін болса, онда информатиканың жаңа әдістері де математиканың жаңа әдістері де жан-жақты тұжырым арқылы сипатталатын болады. Бұл жан-жақты тұжырым екі бағытты байланыстырушы нүкте ретінде қарастырылады. Мысалы, егер негізі ұғым қандай да бір мәліметтер болатын болса, математика мұғалімі мәліметтерді жинауды және соларды қандай да бір графикке салуды үйрететін болса, информатика мұғалімі мәліметтерді қорға жинап реттеуді және әр түрлі қолданбалы бағдарламалар арқылы графикті визуализациялауға мүмкіндік берер еді [4].

### **Зерттеудің әдіснамасы**

Бұл зерттеудің мақсаты - Қазақстанда STEM қолдану мүмкіндіктерін дамыту, Қазақстандағы жағдайларға бейімдеу, сондай-ақ STEM пайдаланудың оң және теріс жақтарын білу болып табылады.

Зерттеулерге сәйкес, соңғы жылдары Қазақстанның білім беру жүйесінде STEM әдісінің қалай дұрыс қолдану керек екенін, әдістің пәнаралық байланыс түсінігін қалыптастыру мен оқу үдерісіне енгізуде қиындық туғызатынын байқауға болады [5]. STEM әдісінің негізгі идеясы - пәндер

арасындағы барлық айырмашылықты жойып, барлығын бір тұтас пән ретінде ұсыну. Логикалық математика, физика, информатика мен шығармашылық ойлау және т.б. пәндерді дамыту негізінде құрылған оқытудың тұтас жүйесі, заманауи дидактикалық әдісі болып табылады.

Зерттеу жұмысында, Scopus әлемдік мәліметтер қорынан таңдалған информатикада STEM білім беру әдісін қолдану тақырбына сәйкес 2018-2022 жылдар аралығындағы мақалаларға зерттеу жүргізіліп, тақырыбы мен түйіндемелерінен “STEM”, “білім беру” және “информатика” кілттік сөздері болуы тиіс мақалалар таңдалды. Осы бағыттағы мақалаларда мазмұндық-талдау әдісін қолданған тиімді. Мазмұндық-талдаулар негізінде зерттеулер үлкен көлемдегі мәліметтерді жүйелеу арқылы өзінің тиімділігін дәлелдеді. Көбінесе мазмұндық-талдау әдісінде мәліметтерде нәтижесін көрсету үшін сандық жүйе қолданылады [6].

Жүйелік шолуға қажетті мақалаларға іріктеу келесідей кезеңдерден тұрды:

- Scopus мәліметтер қорында тақырыпқа сай үш кілттік сөз қолданылған мақалаларды анықтау;
- Анықталған мақалаларға іріктеу жасау: соңғы 5 жылдық мақалалар, тек ағылшын тілінде, ашық қол жетімділік және т.б.;
- Іріктелген мақалаларға жүйелік шолу жасалды (Сурет 1).



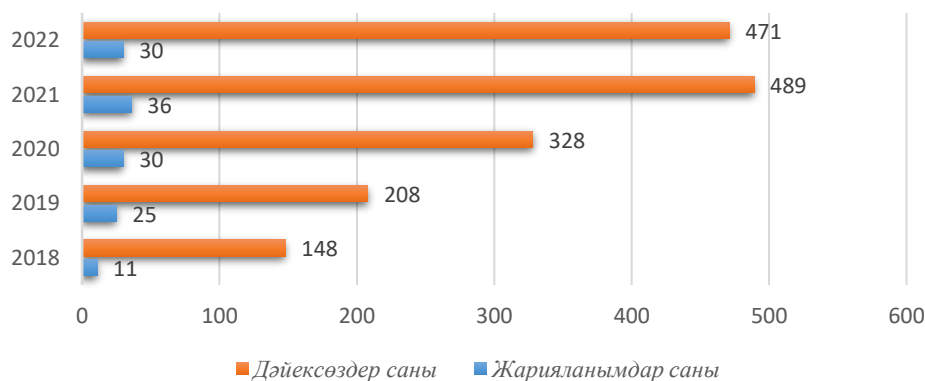
Сурет 1. Зерттеу кезеңдері

Тақырып, түйіндемелер және кілттік сөздерді талдау жасаған соң жалпы 1311 мақаланың ішінде 191 мақала іріктеліп, талданды. Нәтижесінде, зерттеу бағыты көбірек қарастырылған мемлекеттер мен авторлар, соңғы 5 жылдағы жарияланған мақалалар саны мен дәйексөздері анықталып, кілттік сөздер арқылы контент-талдау жасалды.

### Зерттеу нәтижелері

Нәтижесінде, кілттік сөздер арқылы “Әлеуметтік ғылымдар” және “Компьютерлік ғылымдар” бағыттарында жалпы 191 мақала анықталды (Сурет 2). Мәліметтерге сәйкес, жылдан-жылға STEM бағытына деген қызығушылық көбейіп, зерттеулер саны өскенін байқауға болады.

STEM әдісін қолдану бойынша жарияланымдар саны



Сурет 2. STEM әдісін қолдану бойынша жарияланымдар саны

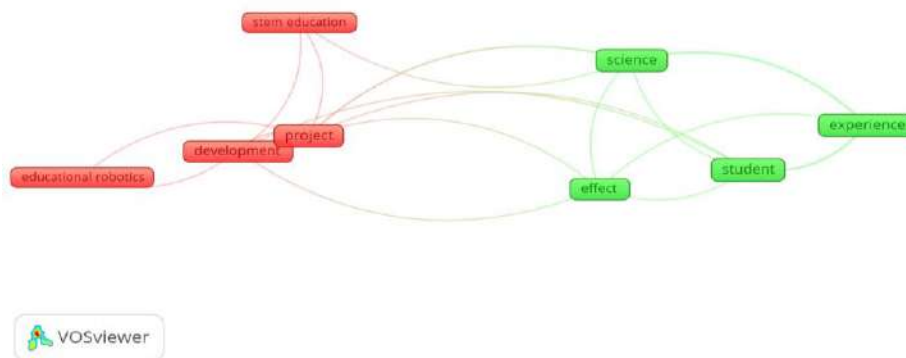
Сонымен қатар, 5 жылда іріктеліп отырған бағыт бойынша 54 мемлекеттен 179 автор 191 мақала жазған, соның ішінде ең көп мақала жариялаған алғашқы үштікке: АҚШ, Испания және Ұлы Британия мемлекеттері кіреді (Сурет 3).



Сурет 3. Тақырып бойынша мақала жариялаған мемлекеттер тізімі

Жоғарыда көрсетілген зерттеулерге сәйкес, жиналған мәліметтерді VOS Viewer бағдарламасында пайдалану арқылы жүйелі шолу жасалды. Зерттеу барысында, талданған мәліметтер ішінен, “STEM”, “білім беру” және “информатика” кілттік сөздері бар жарияланымдар анықталып, талдау жасалды [7].

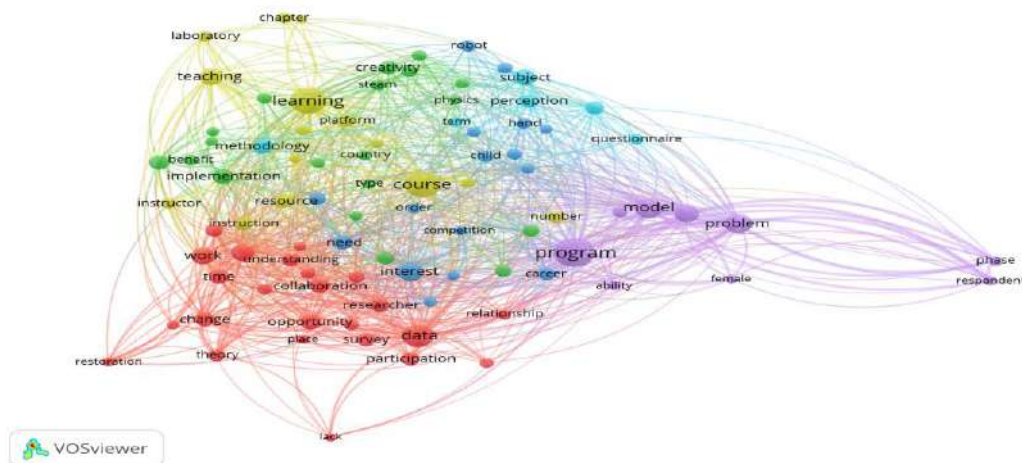
Нәтижесінде, жарияланымдардағы кілттік сөздерді пайдаланып, тақырыбы мен түйіндемелерінде ең жиі кездесетін сөздер арқылы, болашақ информатика мұғалімдерін дайындауда STEM білім берудің қолданылу бағытын анықтадық. VOS Viewer бағдарламасында тақырып бойынша элементтердің картада пайда болуы үшін сөз кем дегенде 5 рет кездесу керек шартын қойып, 5300 термин арасынан осы шартты 260 элемент шартты қанағаттындырады. Іріктелген тақырыптың нәтижесінде, 8 элементтен тұратын 2 негізгі кластер анықталып, 2 түспен көрсетілді (Сурет 4):



Сурет 4. Іріктелген тақырыптардың желілік визуализациясы

Келесі қадам түйіндемелерді талдау болды. Іріктелген түйіндемелердің нәтижесінде, информатикада STEM білім беруді қолданумен байланысты 89 элементтен тұратын 6 негізгі кластер анықталып, 6 түспен көрсетілді. Бұл жерде әр элемент информатикада STEM білім беруді қолдануда бір бірімен байланыстағы салалар, жалпы байланыстың саны 2686 (Сурет 5).

1 сары түсті кластер түйіні 27 элементтен тұрады, 2 қызыл түсті кластер түйіні 32 элементті анықтайды, 3 күлгін түсті кластер түйінінде 21 элемент бар, 4 Қою көк түсті кластер түйінінде 15 элемент бар, 5 жасыл түсті кластер түйінінде 13 элемент бар, 6 көк түсте 11 элемент бар кілт сөз ең жиі кездеседі және айналады ең көп зерттелген тақырып 1-кестеде келтірілген.



Сурет 5. Іріктелген түйіндемелердің желілік визуализациясы

Кесте-1. STEM білім берудегі соңғы зерттеу тақырыптары

Кластер түйіні		Жүйе кездесетін тақырыптар	
Сары	Learning	Course	Teaching
Қызыл	Work	Data	Understanding
Күлгін	Program	Model	Problem
Қанық көк	Interest	Robot	Need
Жасалы	STEAM	Benefit	Implementation
Көк	Subject	Methodology	Questionnaire

### Талдау

Қоғамның қазіргі цифрлық трансформациясы тек экономикалық секторда ғана емес, сонымен қатар әлеуметтік, соның ішінде білім беруде де үлкен өзгерістерге әкелді. 21 ғасырда оқу стилінде үлкен өзгерістер болды. Қазіргі заманғы оқыту стилі студенттерді қазіргі әлемде әдемі өмір сүруге мүмкіндік беретін білімнің, дағдылардың, жұмыс әдеттерінің және мінез-құлық ерекшеліктерінің кең ауқымын біріктіретін 21 ғасырдағы дағдыларды игеруге бағытталған. Өнімді және мақсатты жұмыс күшіне бағытталған дәстүрлі Білім енді әлеуметтік қажеттіліктерді қанағаттандыра алмайды. Көптеген кәсіптердің жойылуы және жаңаларының пайда болуы жаһанданумен және өнеркәсіптік революциямен байланысты. STEM білім беру моделі соңғы уақытта адамдар болашақ студенттерді прогресс туралы хабардар ету үшін ғылым, технология, инженерия және математиканы біріктіру арқылы жаңа кәсіби салаларды құрған кезде өзекті бола бастады [8].

STEM математика мен жаратылыстану ғылымдарына көбірек көңіл бөледі және ынтымақтастықтан гөрі топтық жұмысты ынталандырады. STEM логикалық, аналитикалық және пайдалы болып саналады; өнер интуитивті және эмоционалды болып саналады және шығармашылықты, проблемаларды шешу дағдыларын, есте сақтауды, қозғалысты үйлестіруді және аналитикалық дағдыларды арттыру арқылы STEM үшін жаңа мотивацияны қамтамасыз етті.

STEM жаңа оқыту бағытын дамыту мақсатында қолданылады. Оқытушылар STEM-ді оқытудың тұтас әдісі ретінде емес бірнеше әрекеттер мен міндеттердің жиынтығы ретінде қолдана алады. STEM білім беру оқытушыдан дәстүрлі оқыту формасынан бақылаушы немесе білім алушылардың көмегімен зерттеуді қолдаушы қызметіне ауысуды талап етіп, соның негізінде проблемалық, жобалау немесе оқыту сұраныстарына негізделген күрделі оқыту әдістер жүйесінен тұрады [9].

STEM-дің нақты анықтамасы жоқ, сондықтан STEM білімін қалай қолдану керектігі туралы көптеген пікірлер бар. Мысалы, Сандерстің айтуы бойынша, "STEM білім беру кез келген екі немесе одан да көп STEM пәндік салалары арасында немесе STEM пәні мен бір немесе бірнеше басқа мектеп пәндері арасында оқыту мен меңгеруді зерттейтін тәсілдерді қамтиды". Гонсалес пен Куэнзи, керісінше, "STEM - білім беру" термині ғылым, инженерия, инженерия және математика салаларында оқытуды білдіреді және әдетте мектепке дейінгі жастан бастап докторантурадан кейінгі барлық деңгейлерде білім беру қызметін қамтиды деп мәлімдейді. ресми және бейресми жағдайда" [10].



STEM зерттеулерінің шығу тегін және аббревиатураның шын мәнінде не екенін қарастырды. Ол биологияда бұл термин әдетте "дің жасушаларымен" байланысты екенін хабарлады, бірақ білім беру саласында ол тек жалпы мағынада қолданылады. Ол оқытушылар оны әдетте жаратылыстану және математикалық білім беру кезінде қолданатынын, ал технология мен инженерия әдетте еленбейтінін атап өтті және STEM education терминін қарапайым ұран ретінде қолданудың орнына, ол оқу бағдарламасының негізгі бөлігі болуы керек деп ұсынды. Тәртіптік интеграцияға қатысты Генриксен төрт тәртіптік саланы біріктіруге негізделген STEM (ғылым, технология, инженерия және математика) пәнаралық сипаты студенттерге күрделі мәселені шешу үшін өз білімдерін әр түрлі тұрғыдан қолдануға көмектескенін растады [11].

STEM – бұл студенттерге пәнаралық көзқарас беру мүмкіндігі бар әртүрлі пәндердің интеграцияланған білім беру моделі, сондықтан ол тек пәндер арасында ғана емес, сонымен қатар білім берудің әртүрлі деңгейлерінде де байланысты қажет етеді. Осы тақырыпта көрсетілгендей, STEM білім беру саласы бастауыш, орта және жоғары білім беруді қамтиды. Мұндай проблеманы жеңу үшін STEM біліміне қызығушылық танытқан елдер білім берудің барлық деңгейлерінде STEM білім беру саласын кеңейтетін ұлттық стратегияларды әзірлеуі керек.

ЖОО-да STEM білім беруді қолданатын жаңа оқу бағдарламасының қажеттілігі, STEM білім беру жаратылыстану ғылымдары бойынша оқу бағдарламасы арқылы тиімді қамтамасыз етілгеніне қарамастан, STEM оқытудың жаңа стратегияларын әзірлеу қажет және STEM-ді жоғары білімге кешенді енгізу үшін реформаның қажеттілігі туындауда. Осындай мүдделі тараптардың пікірлерін ескере отырып, STEM білім беру жоғары сапалы біліміге әкеледі және студенттерге STEM мансабын жалғастыруға көмектеседі [12].

Сондықтан, жоғарыда айтылған пікірлерді ескере отырып, болашақ информатика мұғалімдерін дайындау барысында оқытылатын кәсіби пәндерін мазмұнына қосымша тараулар енгізу арқылы немесе танымал тәжірибеге назар аударудың орнына студенттерге бағытталған STEM білімін енгізу өте маңызды болып саналады, яғни, бұл - информатикадан оқытылатын кейбір пән мазмұндарын жетілдіру қажет деген сөз.

### **Қорытынды**

Қазақстанда STEM-білім беру тұжырымдамасын жүзеге асыру жоғары педагогикалық мектептің алдына пәнаралық байланыс негізінде зерттеу құзыреттілігі бар кадр-мұғалімдерді даярлау міндетін қояды. Педагогикалық жоғары оқу орнының түлегі өскелең ұрпақты оқыту, тәрбиелеу және дамыту саласындағы стандартты кәсіби міндеттерді шеше білуден басқа, жаңа идеяларды қалыптастыруға, жобаларда іске асыруға, ғылыми зерттеулер жүргізуге және олардың нәтижелерін енгізуге дайын болуы тиіс дегенді білдіреді.

STEM әдісі білім алушылар үшін жай ғана жоғары технологияларды үйретіп қана қоймай, сыни ойлау дағдыларын, мәселені талдаудағы қолданыпкүрделі мәселелерді шешіп, алға қойға мақсаттарына қолжеткізіп, қиылдағы жобаларын іс жүзінде жүзеге асыру мүмкіндігіне ие болады. STEM әдісін қолдану арқылы басқа әр түрлі пәндермен пәнаралық байланыс жасау арқылы күрделі тапсырмаларды шешімін тауып, шешімін тәжірибеде қолдануға мүмкіндік береді. Соның арқасында, тұлғааралық байланыс орнатып, білім алушылардың қызығушылығын арттыруға мүмкіндік аламыз.

Болашақ информатика мұғалімдерді кәсіби қызметке дайындау кезінде, ең алдымен, олардың танымдық дағдыларын, сондай-ақ тұлға-ішілік және тұлғааралық-эмоционалды интеллектін қалыптастыруды қамтамасыз ету қажет. Студенттерді білім берудегі әлемдік үрдістермен таныстыруға бағытталған белсенді түсіндіру жұмыстарын жүргізу маңызды, олардың арасында STEM білім беру алдыңғы қатарлы орындарға шығады.

Бұл мақаладағы жүйелі шолу нәтижесінде, информатикада STEM білім беруді қолдану негізінде зерттеу бағыттарын анықтау мақсатында соңғы 5 жылда 191 мақала анықталып, келісідей талдаулар жасалды:

- STEM білім беруді тереңінен зерттеуші және қолданушы мемлекеттер анықталды;
- Информатикада STEM білім берудің негізгі даму бағыттары көрсетілді;
- Информатикада STEM білім беруді қолдануда қарастырылатын зерттеу мәселелері анықталды.

Нәтижесінде, 2018-2022 жылдары аралығында информатикада STEM білім беру қолдану бағытына деген қызығушылық туындағаны байқалады соның негізінде келесі жылдарыда бұл бағыттағы мақалалар саны көбейетіні сөзсіз.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Gao X. et al. Reviewing assessment of student learning in interdisciplinary STEM education // *International Journal of STEM Education*. – 2020. – Т. 7. – №. 1. – С. 1-14.
- 2 Doran, C., & Treagust, D. F. (Eds.). – 2020. *STEM education: Complex issues and solutions*. Routledge. National Science Board. Science and engineering indicators. – 2020. National Science Foundation, Arlington. – 2021. <https://www.nsf.gov/statistics/2020/nsb20201/report>
- 3 Анисимова Т. И., Сабирова Ф. М., Шатунова О. В. Подготовка педагогов для STEAM-образования // *Высшее образование сегодня*. – 2019. – №. 6. – С. 31-35.
- 4 Land M. H. Full STEAM ahead: The benefits of integrating the arts into STEM // *Procedia Computer Science*. – 2013. – Т. 20. – С. 547-552.
- 5 Bozkurt A. et al. The Current State of the Art in STEM Research: A Systematic Review Study // *Cypriot Journal of Educational Sciences*. – 2019. – Т. 14. – №. 3. – С. 374-383.
- 6 Santi K. et al. STEAM in environment and science education: Analysis and bibliometric mapping of the research literature (2013-2020) // *Journal of Physics: Conference Series*. – IOP Publishing, 2021. – Т. 1796. – №. 1. – С. 012097.
- 7 Chen, Y., & Liu, X. Investigating STEM students' motivation and learning in online courses. *Proceedings of the International Conference on Education and Technology*. – 2021. С. 456-460. <https://doi.org/10.1109/ICET.2021.0011223>
- 8 Aguilera D., Ortiz-Revilla J. STEM vs. STEAM education and student creativity: A systematic literature review // *Education Sciences*. – 2021. – Т. 11. – №. 7. – С. 331.
- 9 Quigley C. F., Herro D. "Finding the joy in the unknown": Implementation of STEAM teaching practices in middle school science and math classrooms // *Journal of science education and technology*. – 2016. – Т. 25. – С. 410-426.
- 10 Lin T. J. et al. Research trends in science education from 2013 to 2017: A systematic content analysis of publications in selected journals // *International Journal of Science Education*. – 2019. – Т. 41. – №. 3. – С. 367-387.
- 11 Land M. H. Full STEAM ahead: The benefits of integrating the arts into STEM // *Procedia Computer Science*. – 2013. – Т. 20. – С. 547-552.
- 12 Hughes B. S. et al. Integrating arts with STEM and leading with STEAM to increase science learning with equity for emerging bilingual learners in the United States // *International Journal of STEM Education*. – 2022. – Т. 9. – №. 1. – С. 1-19.

References:

- 1 Gao, X., Li, P., Shen, J., & Sun, H. (2020). Reviewing assessment of student learning in interdisciplinary STEM education. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1-14.
- 2 Doran, C., & Treagust, D. F. (Eds.). (2020). *STEM education: Complex issues and solutions*. Routledge. National Science Board. (2021). *Science and engineering indicators 2020*. National Science Foundation, Arlington, VA. <https://www.nsf.gov/statistics/2020/nsb20201/report>
- 3 Anisova T.I., Sabirova F.M., Shatunova O. V. (2019). *Podgotovka pedagogov dlya STEAM-obrazovaniya. [Training of teachers for STEAM-education]. Vysshee obrazovanie segodnya*, (6), 31-35. (In Russian)
- 4 Land, M. H. (2013). *Full STEAM ahead: The benefits of integrating the arts into STEM*. *Procedia Computer Science*, 20, 547-552.
- 5 Bozkurt, A., Ucar, H., Durak, G., & Idin, S. (2019). *The Current State of the Art in STEM Research: A Systematic Review Study*. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 14(3), 374-383.
- 6 Santi, K., Sholeh, S. M., Alatas, F., Rahmayanti, H., Ichsan, I. Z., & Rahman, M. M. (2021, February). *STEAM in environment and science education: Analysis and bibliometric mapping of the research literature (2013-2020)*. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1796, No. 1, p. 012097). IOP Publishing.
- 7 Chen, Y., & Liu, X. (2021). *Investigating STEM students' motivation and learning in online courses*. *Proceedings of the International Conference on Education and Technology*, 456-460. <https://doi.org/10.1109/ICET.2021.0011223>
- 8 Aguilera, D., & Ortiz-Revilla, J. (2021). *STEM vs. STEAM education and student creativity: A systematic literature review*. *Education Sciences*, 11(7), 331.
- 9 Quigley, C. F., & Herro, D. (2016). "Finding the joy in the unknown": Implementation of STEAM teaching practices in middle school science and math classrooms. *Journal of science education and technology*, 25, 410-426.
- 10 Lin, T. J., Lin, T. C., Potvin, P., & Tsai, C. C. (2019). *Research trends in science education from 2013 to 2017: A systematic content analysis of publications in selected journals*. *International Journal of Science Education*, 41(3), 367-387.
- 11 Land, M. H. (2013). *Full STEAM ahead: The benefits of integrating the arts into STEM*. *Procedia Computer Science*, 20, 547-552.
- 12 Hughes, B. S., Corrigan, M. W., Grove, D., Andersen, S. B., & Wong, J. T. (2022). *Integrating arts with STEM and leading with STEAM to increase science learning with equity for emerging bilingual learners in the United States*. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 1-19.

А.А. Оразбаева<sup>1\*</sup>, Л.А. Смагулова<sup>1</sup>, С.А. Омарова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>І.Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, Талдықорған қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

\*e-mail: asel.oralbaeva@mail.ru

### 3DS MAX - ОТАНДЫҚ МУЛЬТИПЛИКАЦИЯ САЛАСЫНДАҒЫ ҚИЫНДЫҚТАРДЫ ШЕШУДІҢ БІР ҚҰРАЛЫ РЕТІНДЕ

*Аңдатпа*

Жас ұрпақтың негізгі тәрбие құралы – анимациялық мультфильмдер тарихына үңілсек, биыл бұл салаға 130 жыл болады. Қазіргі таңда көптеген шет мемлекеттер мультипликация нарығын қарқынды дамытып, жүйелі қаржы көзіне айналдырған. Мысалы, әлемге әйгілі «Маша и медведь» мультфильміне салынған алғашқы қаражат көлемі 3 миллион доллар болса, 2015 жылғы кассалық жиын 225 миллион долларды құраған, ал қазіргі таңда бұл көрсеткіш тіптен өсіп келеді. Ал, отандық мультипликация саласының даму қарқыны ақсап келе жатқаны жасырын емес. Сонау жетпісінші жылдары жақсы дамып, әртүрлі фестивальдардан жүлделі орындар алып жүрген қазақ анимациясы қазіргі уақытта көптеген тоқырауды басынан өткеріп, еңсесін көтере алмай жатқаны өкінішті – ақ. Осындай мәселелерді зерттей келе, бұл мақаланы жазудағы негізгі мақсатымыз – еліміздің зиялы қоғамы қазақ мультипликациясына назар аударып, ғалымдарымыздаң осы саланың қайта жандануына ат салысса екен деген ниеттеміз. Сонымен қатар, мультипликация саласындағы қиындықтарды шешуге жасалған бір қадам ретінде 3d max программасының мүмкіндіктерін қолдану қарастырылады. Мультипликация саласын дамыту үшін осындай программаларды жастарға көптеп үйретсек, нұр үстіне нұр болар еді деген ойдамыз.

**Түйін сөздер:** мультипликациялық фильм, анимация, студия, модельдеу, графика, 3ds max программасы.

*Аннотация*

А.А. Оразбаева<sup>1</sup>, Л.А. Смагулова<sup>1</sup>, С.А. Омарова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Жетісуский университет имени И.Жансугурова, г. Талдықорған, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

### 3DS MAX-КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ В ОБЛАСТИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ МУЛЬТИПЛИКАЦИИ

Одним из главных средств воспитания подрастающего поколения считаются мультипликационные фильмы, которым в этом году исполняется 130 лет. В настоящее время многие зарубежные страны активно развивают рынок мультипликации, превращая его в систематический источник финансирования. К примеру, объем первых средств, вложенных в всемирно известный мультфильм «Маша и медведь», составил 3 миллиона долларов, тогда как кассовый сбор 2015 года составил 225 миллионов долларов, а сейчас этот показатель имеет тенденцию расти. К сожалению, темпы развития отечественной анимационной индустрии хромает. Казахская анимация, которая хорошо развивалась еще в семидесятые годы и занимала призовые места на различных фестивалях, в настоящее время переживает множество трудностей и препятствий. Исходя из этого, при написании данной статьи, мы хотели бы обратить внимание общественной интеллигенции на развитие казахской мультипликации, и помочь нашим ученым возродить эту отрасль. Это и является основной целью данной статьи. Также мы предлагаем использовать возможности программы 3d max, как один шаг, направленный на решение проблемы в области мультипликации. Мы думаем, что было бы здорово, если бы мы систематически обучали таким программам молодежь, чтобы развивать анимационную индустрию.

**Ключевые слова:** мультипликационный фильм, анимация, студия, моделирование, графика, программа 3ds max.

*Abstract*

### 3DS MAX-AS ONE OF THE WAYS TO SOLVE PROBLEMS IN THE FIELD OF DOMESTIC ANIMATION

A.A. Orazbayeva<sup>1</sup>, L.A. Smagulova<sup>1</sup>, S.A. Omarova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Zhetysu University named after I. Zhansugurov, Taldykorgan, Kazakhstan

<sup>2</sup> Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

Animated films, which turn 130 this year, are considered one of the main means of educating the younger generation. At present, many foreign countries are actively developing the animation market, turning it into a systematic source of

funding. For example, the volume of the first funds invested in the world-famous cartoon «Masha and the Bear» amounted to \$3 million, while the box office in 2015 was \$225 million, and now this figure tends to grow.

Unfortunately, the pace of development of the domestic animation industry is lame. Kazakhstani animation, which developed well in the seventies and won prizes at various festivals, is currently experiencing many difficulties and obstacles. Based on this, when writing this article, we would like to draw the attention of the public intelligentsia to the development of Kazakh animation, and help our scientists revive this industry. This is the main purpose of this article. We also suggest using the capabilities of the 3d max program as one step towards solving the problem in the field of animation. We think it would be great if we systematically taught such programs to young people in order to develop the animation industry.

**Keywords:** animated film, animation, studio, modeling, graphics, 3ds max program.

### **Кіріспе**

Тәуелсіздікке қол жеткізіп, егеменді ел болғалы заманауи технологиялары дамыған озық мемлекеттерден қалыспай, білімі мен мәдениеті ұштасқан интеллектуалды дамыған мемлекеттер қатарына қосылуға тырысып келеміз. Осы мақсатта елімізде жалпы білім беретін мектептер мен жоғары оқу орындарында білім мен ғылымға үлкен көңіл бөлініп, сол нысандар мемлекет есебінен қаржыландырылуда. Алайда озық мемлекеттерді қуып жету эстафетасында, жас ұрпақтың ұлттық сана-сезімін қалыптастыру деген мәселені екінші қатарға қалдырып бара жатқанымыз ақиқат. Еліміздің ертеңгі болашағы - ұрпағымыздың тамырына рухани азық бермей, біз жарқын болашаққа қадам баса алмаймыз. Дамыған мемлекеттердің қай – қайсысын алсаңыз да осы мәселені мықтап қолға алған. Яғни, бүлдіршіндер мен жасөспірімдерге ұлттық рух, салт – дәстүр, елдің тарихы, мәдениеті, тілі, әдебиетін насихаттайтын қысқаметражды мультипликациялық фильмдер көптеп түсіріліп, оларды дұрыс бағытта тәрбиелеуде. Әрине, ол мемлекеттерде мультипликация саласы басшылар тарапынан үлкен қолдау тапқан ірі индустрияға айналған.

«Turkistan» газетінің редакциясына сұхбат берген Қазақстан аниматорлар қауымдастығының төрағасы Ғали Мырзалиев бір сөзінде: «Бүкіл әлемде анимация телевиденияға қарайды. Ал бізде мәдениет және спорт министрлігіне қарайды, ал оның туындысы телевиденияға қарайды. Айналып келгенде, анимация саласы жетім баланың күйін кешіп отыр. «Кино туралы» заңнан бөлек, «Қазақ анимациясы туралы» дара заң керек», – деген болатын. Бұл салада нақты жүйе жоқ. Жүйе болмаған соң қаржы дұрыс бөлінбейді, тіпті бұл салаға жылына қанша қаржы бөлінетінін де ешбір маман дөп басып айта алмайды. Себебі, елімізде осының бәрін қадағалап, сараптайтын мекеме жоқ. Жоғарыда Ғали Мырзалиев ағамыз атап өткендей, қазақ анимациясы – жетім бала. Біздің елімізде тоқсан минуттық мультипликациялық фильмді түсіру үшін кем дегенде 3–4 миллион АҚШ доллары қажет. Алайда мұндай қаражат бөлінбейді де. Айта кетерлігі, шет мемлекеттерде мемлекет қаржысының 49 пайызы режиссерлік ұжымға, 51 пайызы өндіріске бөлінеді. Біздікімен салыстырғанда жер мен көктей. Бір толықметражды мультфильмге әлемнің үлкен студияларына 50–250 миллион АҚШ доллары бөлінеді екен. 10 жыл бойы қаржы ең көп бөлінген мультфильм – «Рапунцель: ұмытылған оқиға» шығармасы болып табылады. Анимациялық фильмді 2 260 миллион АҚШ долларымен қаржыландырды [1].

Қазақстанда анимация саласы барлық одақтық республикаларда ұлттық киноиндустрия жақсы дамып жатқан 1960 жылдары пайда болды. Қазақ еліндегі тұңғыш мультфильмнің шығуына себепші болған режиссер – аниматор, суретші және сценарист, мемлекеттік сыйлықтың лауреаты Әмен Әбжанұлы Қайдаров болды. 1966 жылы «Қазақфильм» киностудиясында «Қарлығаштың құйрығы неге айыр?» мультфильмінің сценарийі қабылданып, халыққа көрсетілді. Фильм 1968 жылы Ленинградта өткен Бүкілодақтық фестивальде екінші жүлдені жеңіп алып, әлем елдерінің экрандарында көрсетілді. 1975 ж. Нью-Йоркте өткен 1-ші Халықаралық анимациялық фильмдер фестивалінде праксиноскоптың қола жүлдесін жеңіп алды. Режиссер Ә.Қайдаровтың «Ақсақ құлан», «Күйіршік», «Қожанасыр – құрылысшы» фильмдері қазақ кино өнерінің темірқазығына айналды. 1970 жылдары қазақ мультипликациясы Орталық Азияда жетекші орын алды. Қазақ мультипликаторлары тұңғыш қырғыз және түрікмен мультфильмдерін шығаруға белсене қатысып, тәжік мультфильмінің қалыптасуына шығармашылық көмек көрсетті. Осы кезеңде қазақ мультипликаторлары түсірген графикалық және қуыршақ фильмдерінің саны жүзден асты. Қоюшы-суретшілер: Ж.Дәненов пен Ө.Қыстауов «Алпамыс батыр», «Айдаһар арал», Е.Әбдірахмановтың «Тапшылар», «Бозторғай», Б.Омаровтың «Үш шебер», «Қаңбақ шал», Т.Мұқанованың «Жібек» «Шашақ», «Қайшы», Қ.Сейденовтің «Тігінші және ай», «Қадыр бақыты» сынды мультипликациялық фильмдері қазақ анимация тарихындағы жоғары

бағаланған туындылар. Сондай-ақ қазақ анимациясының дамуына Ә.Әбілқасымов, Ә.Тоқшабаев, Ө.Бекішев сынды өзге де ұлы тұлғалар үлкен үлес қосты [2].

Алайда, бір кезеңнен екінші кезеңге көшкен сайын ұлттық анимациямыз тоқырауға ұшырады. Бүгінде туған жеріміздегі анимация саласы көптеген қиындықтар мен кедергілерді бастан кешіруде. Атап айтқанда, мемлекетімізде бұл салада білім беретін оқу орындары жоқтың қасы, соған сәйкес кадр тапшылығы мәселесі де алдыңғы қатарға шығады. 2012 жылы «Шабыт» анимация саласы бойынша оқыту курсы ашылып, жас мамандардың көбеюіне себеп болды. Қазіргі таңда елімізде анимация саласын меңгеруге бағытталған 2-3 айлық курстар ғана бар. Көбінесе өзге елден білім алған қандастарымыз жастарға білгенін үйретеді. Бірақ мұндай курстар жүйелі білім бермейді, тек анимация немесе модельдеу негізінде компьютерлік бағдарламаларды оқытумен шектеледі. Өзге мемлекеттердегі үлкен анимация студияларында бір режиссер қызметін бірнеше адам атқарады екен [3]. Мысалы, бас режиссер, атқарушы режиссер және тағы басқалары. Ал бізде режиссерліктен бөлек, қоюшы-сценаристік қызметін де қатар алып жүрген мамандар аз емес. Себебі, тиісінше, қаражат бөлінбейді. Сонымен қатар, өз ісін жетік білетін тәжірибелі мамандарды да табу қиын.

Осы аталған мәселелер, яғни еліміздегі мультипликация саласын дамытудың қажеттілігі мен оның жүзеге аспауы арасындағы қарама – қайшылық бұл мақаланың өзектілігін анықтап отыр.

Қазіргі таңда балалар кез келген уақытта қалта телефонымен, теледидарды қосып, қалаған мультфильмдерін көре алады. Алайда, олар көбінесе шетелдік мультсериалдарды көргенді ұнатады. Себебі сапасы жақсы, сценарийі баланы баурап алады. Ең алдымен, бұл балаларға қызықты. Қай тілде сөйлейтініне де мән бермейді. Мультфильм кейіпкерлеріне еліктеп, олардың тілінде сөйлей бастайды. Америка Құрама Штаттарының кез келген мультфильмдерін алсаңыз, сценарийі еркін тақырыпта жазылады, ал диалог қызық болады [4]. Еркін тақырып – баланың ой-өрісін, қиялын дамытады. Қазақ анимациясындағы ең үлкен проблемалардың бірі осыда, бізде шығып жатқан мультипликациялардың басым көпшілігінің сценарийі күрделі туындылардан алынып жазылған.

Қазіргі таңда елімізде балаларға арналған, мультипликация саласының нәтижелерін көрсететін «Балапан» арнасы ғана бар. Ал АҚШ–та балаларға арналған елуден астам арна бар екен. Бұдан біздің еліміздің анимация және кинематография саласында шет мемлекеттермен бәсекеге түсе алмайтынын аңғарамыз. Дегенмен де, «Балапан» арнасы болашаққа нық қадам басып келе жатқанын да ескеруіміз керек. Бұл телеарна басқа елдердегі озық студияларда жұмыс істейтін мамандармен келіссөздер, шеберлік сабақтары, тренингтер өткізіп, түркі елдерінің арасында жарысқа түспек. Әрине, мұндай жаңалықтар бізді қуантады. Себебі, дәл осы әдістер арқылы біз анимация саласын дамыта аламыз. Сонымен қатар, қазақ мультипликациясының дамуына өз үлестерін қосып отырған анимациялық студиялар да бар: Kazakh–Anima, Dala Animation, Шымкент сақ, QazArt медиа, Animator Pro Studio және тағы да басқа студиялары. Олардың әрқайсысының өзіндік жетістіктері бар. Осы орайда 2002 жылы Т.Жүргенов атындағы Қазақ ұлттық өнер академиясының оқытушылары мен студенттері профессор Ә.Қайдаровтың жетекшілігімен алғашқы графикалық мультфильм «Құйыршық» сериясын (режиссеры К. Қасымов) компьютерлік технологияларды пайдалана отырып түсіргенін айта кеткен жөн [5]. Бұл да өз алдына бір жетістік. Қазақ анимациясының қоржыны бірнеше толықметражды мультфильмдермен толықты. Біріншісі – режиссер Қалдыбай Сейдановтың «Қадірдің бақыты» туындысы, екіншісі – Жәкен Дәненов пен Рүстем Тұралиевтің «Ер Төстік» мультфильмі. Үшіншісі – «Сақ» студиясында түсірілген «Қазақ елі» мультфильмі. Тағы да «Қазақфильм» киностудиясынан Адай Әбілданың «Күлтегін» және Тұрдыбек Майданның «Мұзбалақ», «Тілеуғаз» анимациялық фильмдері. «Күлтегін» мультфильмі 3D, ал «Мұзбалақ» 2D форматында түсірілген.

Жоғарыда аталған мультипликациялық фильмдердің жасалу үдерісін зерттеген уақытта көбінесе Blender, Cartoon Animator, Cinema 4D, Pencil2d Animation сынды программалар қолданылатынын білдік. Осы ретте отандық мультипликация саласындағы қиындықтарды шешудің бір құралы ретінде 3ds max программасының кейбір мүмкіндіктерін көрсетуді бұл мақаланың мақсаты етіп алып отырмыз. Ал, міндеттеріміз мультипликация саласының қазіргі жағдайын айқындап, 3ds max программасының анимациялық мүмкіндіктеріне талдау жасау.

### **Зерттеу әдіснамасы**

«Мультфильм – кейіпкердің келбеті мен мінез-құлқы, образдық ортасы мен оқиғаның өту орны суретшінің қолымен, оның дүниетанымы, қиялы, кәсіби шеберлігімен жасалған кинематографияның бір түрі» дейді В.В. Курчевский. Бұл мәлімдеме анықтама ретінде берілген [6]. Жалпы, мультипликация термині латын тілінен аударғанда «көбейту» дегенді білдірсе, анимация «жаңғыру»

дегенді білдіреді. «Анимация» термині әлемде кең тарағанымен, біздің елімізде және Ресейде ұзақ уақыт бойы мультипликация термині қолданылып келеді.

Тарихта алғаш рет мультипликациялық кейіпкер жасаған бельгиялық физик Джозеф Плато болды. Ал ең бірінші австриялық профессор Симон Фон Штамфер өзге де бірнеше ғалымдармен біріге отырып, экранда қозғалатын кескіндерді көрсету үшін сызбалары бар ленталар мен айналмалы дискілерді пайдаланды. Сонымен қатар, ол фенацистископ пен стробоскоп құрылғыларының пайда болуына себеп болды. Уақыт өте келе бұл құрылғылар анимация саласындағы кинокамераларға айналды [7]. Уинзор Маккэй 1914 жылы алғашқы мультфильм кейіпкері динозаврды салады. Француз суретшісі Эмиль Рейно мультфильм түсіруге арналған құрылғыларды жетілдірді және 15–20 минуттық комедиялық таспа жасады [8]. Міне, осындай нәтижелердің арқасында мультипликация сан алуандық кинематография саласында өз орнын алып, жанр ретінде қалыптасты.

Мультипликация туралы авторлардың жұмыстарына талдау жасасақ, Рик Паренттің компьютерлік анимация туралы кітабы мультфильмдер шығаруға қажетті бағдарламалаудың негізгі аспектілерін, соның ішінде кескіндер, текстуралар, 3D модельдеу және анимацияны қамтиды [9]. Ал, Ричард Уильямстың «Набор выживания аниматора» кітабында компьютерлік, классикалық және тоқтау-кимыл анимациясын жасау әдістері, принциптері және формулалары егжей-тегжейлі түсіндіріледі [10].

Анимациялық фильмдерді жасаудың үш танымал тәсілі бар: біріншісі кескін түрінде қолданылады (графикалық мультипликация); екіншісі қуыршақ түрінде қолданылады (көлемді мультипликация); үшіншісі жалпақ, жіңішке қуыршақтар (жалпақ пішінді кесу) түрінде қолданылады. Жақсы мультипликациялық фильмдер жасау үшін суретшілер ғана еңбек ету аздық етеді. Бұл өнер саласында режиссер, сценарист шығармашылығымен қатар шеберлердің қолтаңбасы мен компьютерлік графика іскерлігінің үйлесуі де маңызды.

Жоғарыда айтып өткеніміздей, елімізде анимация саласы ақсап тұр. Осы мәселені шешу жолында жасалған қадам ретінде, мемлекет тарапынан жоғары оқу орындарында өнер мен шығармашылыққа бағытталған факультеттер ашылып, оларда анимациялық фильмдер түсірудің қыр-сырын үйретсе, нұр үстіне нұр болар еді. Қазіргі уақытта елімізде тек Темірбек Жүргенов атындағы Қазақ ұлттық өнер академиясында «Суретші – аниматор» мамандығы оқытылады екен. Ал өзге жоғары оқу орындарында «Дизайн» мамандығы бойынша оқып жатқан білімгерлерге сурет салу негіздерін жалпы білім беру пәндері ретінде беріп өтеді екен де, жоғары курстарға барғанда сала бойынша өзге пәндерді оқып кетеді екен. Басқа да техникалық мамандықтарды оқытатын жоғары оқу орындарында модельдеу, анимация, графикаға негізделген пәндер оқытылады, алайда, сағат саны көп емес.

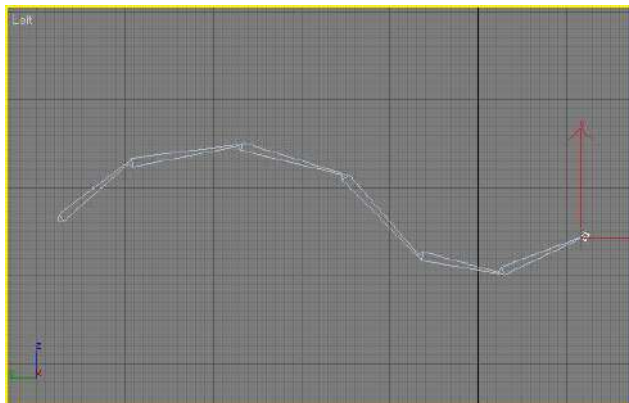
Біздің І.Жансүгіров атындағы Жетісу университетінің Ақпараттық-коммуникациялық технологиялар білім беру бағдарламасында «Үш өлшемді модельдеу негіздері», «Компьютерлік графика» сияқты пәндер бойынша студенттер 3ds max программасында күрделі объектілерді модельдеу және модельдеудің негізгі ұғымдарымен танысып, жұмыс жасайды.

3ds max программасы қазіргі таңда күн санап дамып келе жатқан ең үздік программалардың бірі. Бұл программа үш өлшемді компьютерлік графика программаларының тобына кіреді, немесе оны 3d – графика (3 dimensional – үш өлшемді) деп те атайды. Сонымен қатар, осы программаның көмегімен жекелеген суреттерді синтездеуге және нақты немесе ойдан шығарылған өмірдегі суреттік қойылымдарды ықшамдап көрсетіп, осындай суреттік кадрлар тізбегін анимация деп аталатын объектінің қозғалысы түрінде де байқауға болады. Max программасының қолдану аймағы да кең: жобалау архитектурасы және ғылыми интерьерлерді конструкциялау, теледидарға арналған жарнамалық және ғылыми роликтерді дайындау, компьютерлік мультипликация және фантастикалық сюжеті бар фильмдерді түсіру, компьютерлік ойындарды өңдеу, кітап және журналдарға арналған иллюстрацияларды дайындау, компьютерлік графика көркемдігі және Web – дизайн, соттық – медициналық сараптама және т.б.

Қолданушылардың саны күн санап артып, бұл программа көптеген фильмдер мен мультфильмдер жасауға қолданылды. Мысалы, «Трио из Бельвилля», «Хранители», «Наполовину серый» толықметражды және «Суслик обломался» қыскаметражды мультфильмдерінде, сонымен қатар, «Железный человек», «Пункт назначения», «Загадочная история Бенджамина Баттона», «Люди Х», «Рыба-меч», «Мумия возвращается», «Лара Крофт: Расхитительница гробниц», «Матрица: перезагрузка», «Последний самурай» сынды фильмдердің арнайы эффектілерін жасауда қолданылған. Және де, келесі ойындар осы программаның көмегімен жарыққа шықты: «World of Warcraft», «Принц Персии», «Мортал Комбат», «Diablo 2», «The Elder Scrolls3: Morrowind», «Max Payne», «Newerwinter nights» және т.б.

Өздеріңіз байқап отырғандай, 3ds max программасы 3d модельдеу және анимациялауда ең танымал пакеттердің бірі болып табылады. Күрделі объектілерді модельдеу туралы айтпас бұрын, ең алдымен, сүйек жүйесі мен қаңқаны модельдеуге тоқталуымыз керек, өйткені адам мен жануарлар сияқты қаңқа объектілерін жандандыру процесі сүйек жүйесімен байланыссыз жүрмейді.

Сүйектер жүйесіне қол жеткізу үшін жүйелер қаттамасына кіріп, Bones түймесін басу керек. Сүйектер бір-бірден жасалмайды, тұтас тізбектер бойынша жасалады (1-сурет), яғни әрбір сүйек өзінің артындағы сүйекпен байланысады (әр сүйек алдыңғы жағында орналасқан сүйектің ішкі объектісі). Дегенмен, әрбір сүйектің жеке объект екенін ұмытпауымыз керек.



Сурет 1. Сүйектер жүйесі

Жалпы, әр сүйектің көлемін сәйкес мәзірде баптауға болады. Bone Parameters (Сүйектер параметрі) бумасында үнсіз келісім бойынша келесі қасиеттер тақтасы ашылады:

- Width – сүйектер негізінің ені;
- Neigh – сүйектер негізінің биіктігі;
- Taper – төмендеу – сүйек ұзындығының қанша пайызы оның соңына қарай төмендейтінін анықтайтын мән;
- Bone Fins – қабырғалар (жіліктер) кеңістіктегі бағдарлануын анықтауға көмектесетін сүйектердің өсуі. Олар көрінуі үшін сәйкес жалаушаны қою керек. Қабырғалардың келесі параметрлері бар: Size (Өлшемі) – қабырғаның биіктігі, (Start Taper – басында төмендеуі, End Taper – соңында төмендеуі), олар қабырғалардың қашықтық деңгейін анықтайды;
- Side Fins – симметриялық қырлар;
- Front Fins – алдыңғы қабырғалар;
- Back Fins – артқы қабырғалар.

Сүйекті айналдырудың екі жолы бар: «Айналу» құралын қолдану немесе ішкі сүйекті тарту арқылы. Сүйектердің ерекшелігі – олар бір-біріне тығыз байланған. Сонымен қатар, иерархияның (hierarchy) параметріне кірсеңіз, онда баптаулар қаттамасында бекіту – құлыптаулардың (Lock) және мұраланған (Inherit) сілтемелердің (Link info) құлыптарының барлығының өшірілгенін көресіз. Яғни, сүйектер бір-бірінен ажырамайды. Егер сіз кез-келген сүйектен қозғалғыңыз келсе, барлық ішкі сүйектер өздерінің негізгі сүйегіне қатысты бірге қозғалады [11].

Сүйектер жүйесін екі түрлі тәсілмен алуға болады: алдымен, желілік тізбек жасалады, содан кейін кейбір сүйектерге қосымша ішкі сүйектері қосылады. Ол үшін негізгі сүйек болатын сүйекті тінтуірмен көрсету керек. Мұндай жүйенің жалпы түбірі – негізгі сүйегі болады, ол барлық басқа тізбектерінің тармағы.

Екіншіден сүйектердің тізбектері әрқайсысында бөлек құрылуы мүмкін, содан кейін байланыстыру (Link) командасы арқылы сәйкесінше бір-бірімен байланыстырылады.

Character (Кейіпкер) мәзірінің командалары кейіпкерлік жинақтарды құруға мүмкіндік береді. Bone tools (Сүйектермен жұмысқа қажетті құралдар) сүйек жүйелерін түзету құралдарына мүмкіндік алуға жағдай жасайды, олар 3ds Max – та үшөлшемді кейіпкерлерді құру үшін пайдаланылады. Сүйектер пайда болған кезде, олардың әрқайсысы автоматты түрде «Bone #» деп аталады, мұнда # – жасау тәртібіндегі сүйек саны (әдетте, екі орынды сандар болады). Егер сахнада бірнеше кейіпкерлер болса, онда сүйектердің қай кейіпкерге тиеселі екенін анықтай алмаймыз. Сондықтан да белгілі бір жолмен жүретін барлық сүйектерге атау беру керек. Әрбір сүйектің атауы бірнеше сөзден тұра алады, ал

бірінші сөз – ол кейіпкердің аты. Содан кейін, кейіпкер денесінің бір бөлігінің атауы шығуы мүмкін, ал егер ол дене мүшесі жұп болса, L әрпі (дененің сол жақ бөліктеріне сәйкес келеді) немесе R (дененің оң жақ бөліктеріне сәйкес келеді) жалғанады.

МАХ көптеген элементтерден құралған өте күрделі геометриялық модель объекттерін құруға мүмкіндік береді. Бұл элементтер, осыған қоса бір–біріне қатысты анимация үдерісінде қозғала алады. Осы үдерісте бір элементтің екіншісіне қатысты орналасуындағы нақтылықтың сақталмауы визуализация этапында анық байқалатын объекттердің сыртқы келбетінің бұзылуына немесе қозғалыстағы қателіктерге алып келеді. Осыған байланысты, МАХ көріністің модельденуінің нақтылығын қамтамасыз ететін көптеген құрылғылар жиынтығын қарастырған.

Айта кететін тағы бір жайт, екі өлшемді компьютерлік графикаға қарағанда, 3D программалары алдын–ала дайындалған үшөлшемді бейненің объекттерін суретке және видеоға түсіруге көптеген мүмкіндіктер береді. Бұны үшөлшемді сахна деп атайды.

Үшөлшемді графика құралдарын пайдаланғанда сахна бейнесінің синтезі алгоритм немесе көрініс түрінде орындалады. Жалпы олардың ішінде келесі кезеңдері болуы тиіс:

- Алдын–ала дайындау;
- Объекттердің базалық элементтерінің моделін құрудағы аралық кезеңдерін, олардың өзгертілуін және модификациясын, сахнаның геометриялық моделін құру;
- Түсіретін камераны және жарықтарды баптау;
- Материалдарды дайындау және тағайындау;
- Сахнаның анимациясы және объекттердің қылықтарын баптау;
- Жеке суреттерді немесе кадрлардың сериясын визуалдау және ішкі ортадағы эффекттерді еліктету.

Аталған кезеңдердің ішіндегі ең соңғысы бейнені қалыптастыруға, ал қалғандары дайындау кезеңдеріне арналған. Алдын ала дайындау кезеңінде сахнаның құрамы ойластырылады. Барлық объекттерді және олардың элементтерін алдын ала ойластыру қажет. Осыған байланысты болашақ сахнаның бір немесе бірнеше эскиздерін жасап қойсақ артық болмайды. Жаңа сахнаны құру анимациялық жұмыспен басталады. Алдын ала сақталған сахнада жұмысты бастауға болады. Мах–та жаңа мүмкіндікті іске асыру үшін, ағымдағы өңделетін сілтемелерді (eXternal References–XRefs) қосуға болады. Керек болған жағдайда өлшем бірлігін де өзгерте аламыз. Сахнаның геометриялық моделінде жұмыс жасау екі кезеңнен тұрады: алдымен объекттердің базалық элементтерінің моделі құрылады, содан кейін барлық элементтері өңделеді және модификацияланады [12].

Сахна объекттерінің геометриялық модельдерінің базалық элементтерін құру кезінде келесі тәсілдер қолданылады:

- Егер үшөлшемді объект қарапайым геометриялық денелердің жиынтығынан тұрса, онда құруды қарапайым объекттерден бастау керек;
- Егер үшөлшемді объект айналма дене болса, онда үшөлшемді дененің салу әдісін қолданамыз;
- Егер үшөлшемді дене күрделі формадан тұрса, онда Безье кесек торларын және NURBS–бетін құрудан бастаймыз. Оларды кейін керекті объект формасына келтіріп модификациялауға болады. Керекті жағдайда сахна құрамына күрделі стандартты объекттерді, мысалы, терезе және есік, сонымен қатар деформация көлемінің (space warps) бастауын енгіземіз.

Көлемді деформациялар кезінде бір кадрдан келесі кадрға өткен сайын объекттер өздерінің формаларын әр түрлі сыртқы күштер (ауырлық күші немесе жел) әрекеттеріне еліктете алады. Сахнаның геометриялық моделімен жұмыс жасау кезінде керек жағдайда үлкейту және бейнелерді айналдыру, объекттерді көрсетпеу және көрсету құралдарын қолдануға болады, сонымен қатар, модельдеудің жоғарғы дәлдігінің құралдарын және әдістерін пайдаланамыз.

Объекттердің базалық элементтер моделін өзгертуін ауыстыру, айналдыру немесе масштабтауды қолдану, сонымен қатар, айнаның шағылысуын құруға болады. Объектке керекті форманы беру үшін оларға әртүрлі деформация нұсқаларын қолдана аламыз.

Объект формаларының параметрлерін редактрлеу, сонымен қатар, Безье торларының немесе NURBS–беттерінің жеке көріністерін біріктіру үшін түрлендірудің құралдарын қолдануға болады. Модельдеудің жаңа технологиясын пайдаланып жабыстыру тәсілдерін еске түсіретіндей еркін қисықтық сплайндардан тұратын торларын құрып, Безье кесігінен Surface (Үсті) модификаторының көмегімен бетке айналдыруға болады. Нәтижесінде үшөлшемді сахнаның геометриялық моделін аламыз.

Егер үшөлшемді сахнада модельді керекті жарықтықта және берілген ракурста құрсақ, онда, сахнаны визуалдау үдерісі жылдам жүреді.

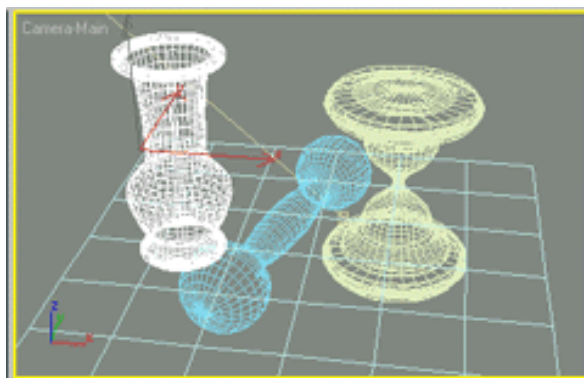
Анимация үдерісінде (animation–тірілту, қозғалысқа келтіру) 3ds max сахнасы кезектескен кадрлар үдерісін автоматтандырады. Бір немесе бірнеше объекттердің қозғалу кезеңін немесе олардың форма, түс сияқты тағы да басқа құрамының өзгеруін Мах параметрлері анимациялай алады. Ол үшін қолданушыға тек қана бастапқы және соңғы объекттің құрамын көрсетіп, анимацияда қай нөмірлі кадрда бұл өзгертулер сәйкес келетінін көрсетіп кетсе болғаны. Объекттің барлық аралықтағы орнын



және құрамының мәнін программа автоматты түрде сипаттайды. Әр кадрларды жеке құру сияқты барлық есептеу үдерістерін де программа орындай алады. Анимация құру кезінде кадрлардың қайталану жиілігін, уақыт масштабын баптауға және керекті объекттердің параметрлеріне кілтті құруға болады. Керекті жағдайда құрылып жатқан анимацияға ағымда құрылған файлдан дайын тректерді алып қоюға да болады. Track View (Тректерді көру) сұқбаттасу терезесін пайдаланып, анимацияға параметр кілттерінің редактрленуін жасау керек. Анимация контроллерлерін (animation controllers) қолданып, «тірілген» объект уақыт интервалында қалай жүру керектігін көрсетеміз. Бір объекті екінші объектке айналдыру эффектісі үшін морфинг элементтерін пайдаланғанмыз жөн [13].

Сонымен қатар, модельдеу саласында профильді айналдыру әдісімен үшөлшемді дене құру жолы кеңінен қолданылады. Ол үшін болашақ айналу денесінің жанама қиылысы бір айналық жарты болатын екі өлшемді форма салу керек. Қисық формалар–тұйықталған, сонымен қатар, тұйықталмаған болуы мүмкін (2-сурет). Профиль стандартты сплайн түрінде немесе түзулер сплайны, NURBS қисығы түрінде құрылуы мүмкін. Айналдыру денесіндегі форма профилін өзгерту үшін Lathe (Айналу) модификаторын қолдану керек. Бүкіләлемдік координата осьтеріне қатысты толық немесе толық емес форма айналымын жасайды. Айналу денесін Create Lathe Surface (Айналдыру жазықтығын құру) құралы арқылы, сонымен қатар, профиль NURBS–қисығы арқылы көрсетілсе жасауға болады. Lathe (Айналу) модификаторы сплайнаға, сонымен қатар NURBS–қисықтарына қолданылады, ал айналу денесі құралатын қабыршағы Безье тор бөлігі ретінде және NURBS–жазықтығы түрінде ұсынылуы мүмкін. Профиль жанасуы NURBS–қисығы түрінде болса, MAX оны NURBS–айналу денесіне NURBS–жазықтықтарын құру арсеналынан арнайы құрал Create Lathe Surface (Жазықтықты айналдырып құру) арқылы ауыстырады. Айналу денесінің профилі негізінде NURBS–қисығы түрінде Create Lathe Surface (Жазықтықты айналдыру арқылы құру) құралы арқылы жасалады.

Үш өлшемді денелерді құрудың тағы бір тәсілі тығыздау. Экструзия (Extrude) әдісі немесе тығыздау белгілі бір осьтер бойымен тұрақты жанасуы бар заттарды модельдеу үшін өте ыңғайлы. Ондай заттар пластикалық материалдың жұқа парағынан контур бойымен престеліп тығыздалған саймандарға ұқсайды. Жабық екі өлшемді түзу формасы көмегімен белгіленген. Тығыздау әдісі машина сайманын модельдеу үшін, ағаштан жиһазды немесе рельефтік текстік жазуларды жасау үшін өте қолайлы [14].



Сурет 2. Профильді айналдыру әдісімен құрылған үшөлшемді денелер

Экструзия әдісі айналу әдісіне ұқсас. Профиль–форма қисығы ашық, сонымен қатар жабық сплайн–түзуін немесе NURBS–қисығын ұсынады. Тығыздауға арналған форма бірнеше қисықтардан тұруы мүмкін. Профиль–формасын өзгерту үшін экструзия денесіне Extrude (Тығыздау) модификаторын қолдану керек. Егер профиль NURBS–қисығымен ұсынылса, оны экструзия денесіне айналдыруға болады. Екі өлшемді профильді экструзия денесіне айналдыру үшін Bevel (Скос) модификаторы қолданылады.

Экструзия денесін құрғаннан кейін профиль түзуі жобалану терезелерінде қалады, оны жоюға болмайды, онымен бірге экструзия денесі жойылады. Егер профиль түзуін ерекшелеп формасын өзгертсек, онда экструзия денесінің қабырға формасы да өзгереді.

Bevel (Скос) құралы да үш өлшемді денелерді тығыздау әдісін құрады, пайда болған денелер биіктігі бойынша бірнеше қабаттардан тұруы мүмкін 1-ден 3-ке дейін. Әр тығыздау қабаттарының шекараларындағы жанасу масштабын өзгертуге болады, соның көмегімен экструзия денелерін фаскаларымен құруға немесе шеттерін шығыңқы етіп құруға көмектеседі. Сплайн–тік төртбұрышына жанасу модификаторына қолданылатын Bevel (Скос) модификаторын пайдаланып, үшөлшемді денені

тығыздау әдісі арқылы жасау үшін экструзия денесінің жанасуын сплайн немесе NURBS–қисығы түрінде салу керек. Жанасу ретінде бірнеше сплайннан тұратын формаларды қолдануға болады. Скос әдісі көбінесе мәтіннің рельефтік жолдарын құруға қолданылады. Берілген модификаторды таңдау үшін Modifiers (Модификаторлар) орамындағы More (Қосымша) батырмасына шертіп, ашылған Modifiers (Модификаторлар) сұқбаттасу терезесіндегі Bevel (Скос) жолын тауып тінтуірмен екі рет шеру қажет. Командалық тақтаның төменгі жағында скос модификаторының орамасы пайда болады: Parameters (Параметрлер) және Bevel Values (Скос мағынасы).

Bevel Profile (Профиль бойынша скос) модификаторының түрі берілген жанасуды бағыттауыш бойынша тығыздауға мүмкіндік береді, бағыттауыш ретінде сплайн немесе NURBS–қисығы алынуы мүмкін.

Сонымен қатар, 3ds max әрбір объекті қандай қиын формада болса да аумақты контейнерге орналастырады. Аумақты контейнерлер объектінің сыртында бейнеленген тік бұрышты параллелепипед түрінде болады. Объектінің аумақтық контейнерін құру кезінде ауданның координаталары нормаль координата жүйесінің глобальді ауданын қарайды. Объекттерді бұрғанда оның аумақтық контейнері де бұрылады. Объекттердің базалық элементтер моделін өзгертуін ауыстыру, айналдыру немесе масштабтауды қолдану, сонымен қатар, айнаның шағылысуын құруға болады. Объектке керекті форманы беру үшін оларға әртүрлі деформация нұсқаларын қолдана аламыз.

Тақырыпты зерттеу барысында мультипликация саласында қолданылған құралдар мен программалық өнімдерге талдау жүргізілді. Шет елдік және Қазақстандық өнімдерге салыстыру, объектілерді үшөлшемді кеңістікте модельдеу қарастырылды және 3ds max программалық өнімінде анимация құру жолдары сипатталды.

### **Зерттеу нәтижесі**

Мультфильм өнімдерін шығаруда үш кілттік аспектілер қолданылады, олар есептеу жылдамдылығы, алгоритмнің нақтылығы және 3d модельдеу бойынша білімнің болуы. Осы аталған үш көрсеткіш 3d max программалық өнімінде толық қамтылған.

3ds max программасының атқаратын қызметтері шексіз, ал мүмкіндіктері өте ауқымды. Жоғарыда айтып өткендей, оның жекеленген кескіндері мен анимацияны жасауға арналған мүмкіндіктері өте көп, соның ішінде атап айтсақ:

- Сфера, цилиндр және тікбұрышты параллелипипед тәрізді ең қарапайым геометриялық фигуралардан бастап, жануарлардың денесі, ағаштар сияқты күрделі денелерге дейін кезкелген үш өлшемді объектінің пішінін модельдеуге болады;

- Жылтырату, мөлдірету, жарқылдату, шушылдату немесе көпдәрежелі шағылысу құбылысы мен жарық сәулесінің құйылуы, түтін немесе тұман тәрізді ауалық құбылыстар және қар, жаңбыр, от тәрізді табиғи құбылыстарға ұқсатып объект материалының физикалық қасиеттерін өзгертуге болады;

- Үшөлшемді көріністің жарықтануын кезкелген жағдайда өзгертуге болады. Осыған қоса, модельденген объектінің көлеңкесінің нақты фотографиялық фонға түсіп тұрғанын көрсетуге болады;

- Объектінің кез-келген параметрін анимациялауға болады: пішінін, өлшемдерін, кеңістіктегі жағдайын, түсін, материалдың қасиетін және тағы басқалары;

- Қозғалыстың кезкелген түрін өзгертудің мүмкіндігін қамтамасыз ететін орын ауыстыруды басқарудың әртүрлі әдістерін жүзеге асыруға немесе объектінің анимациалану үдерісінде қасиетін өзгертуге болады;

- Объекттердің иерархиялық байланысқан тізбегін жасауға және оларды бір объектінің қозғалысы сәйкесінше тізбектің қалған объектілерінің орын ауыстырылуына алып келетіндей тура және кері анимациялауға болады;

- Біртіндеп, пішіні мен сыртқы келбеті ерекшеленіп тұратын бір объектінің басқа объектке айналуын моделдеуге болады (морфинг);

- Қозғалыстағы объектінің динамикалық қасиеттерін моделдеу, яғни, тартылыс күші, кері итерілу, тығыздық немесе желді есепке ала отырып моделдеу үдерісін жүзеге асыруға болады;

- Фото немесе видеокамера объектілерінің айқындылық тереңділігі немесе линзаның шағылысуы сияқты қасиеттерін ықшамдау арқылы синтезделген кескіндерге әртүрлі сүзгілерді қолдануға болады.

Сонымен қатар, осы программалық өнімде мультфильмдерді программалау және аудио файлдарды кірістіру мүмкіндіктері де бар.

I. Жансүгіров атындағы ЖУ-дің 6B06102 – «Ақпараттық жүйелер» және 6B06101 – «Инфоматика» білім беру бағдарламасының студенттері осы программаның көмегімен бірнеше қысқаметражды

анимациялық фильмдер мен бейнероликтер жасап шығарды. Мысалы, салауатты өмір салтын насихаттайтын «Нашақорлық ғасыр дерті», ағылшын тілін үйретуге арналған «Балаларға арналған ағылшын тілі» қысқаметражды анимациялық фильмдері, архитектура саласында көпқабатты үйлерді тұрғызу технологиясын көрсететін, сонымен қатар, офис интерьерлерін көрсететін көптеген бейнероликтер жасады. Әрине, бұл жобалардың сапасы өте жоғары деңгейде деп айта алмаймыз, себебі, студенттер арнайы студияларда жұмыс жасап жатқан жоқ, дыбыс жазу, жарық беруге арналған техника мүлде жоқ, визуалдау компьютерлердің техникалық жағдайларына байланысты әртүрлі деңгейлерде жүргізіледі. Дегенмен де, техникалық мамандықтардың студенттері жоғарыда аталған пәндерді бір семестр ғана оқып, осы аз ғана уақыттың ішінде осындай нәтижелер көрсетіп жатса, мультипликация саласын оқытатын арнайы ЖОО бұдан да жақсы нәтижелер көрсете алатын еді деген ойдамыз.

### Қорытынды

Талдау жүргізу барысында елімізде нақты аниматорлар дайындайтын білім беру бағдарламасы жоқ екенін байқадық. Алайда, Т.Жүргенов атындағы Өнер академиясында мультипликация құрудың кейбір элементтері оқытылады.

Анимация саласын дамыту үшін сценарист – мультипликатор, графикалық дизайнер, безендіруші – суретші, модельдеуші сияқты мамандарды орталықтандыратын мектептің қажеттілігін қазіргі заманның өзі талап етіп отыр.

Жастар осы салада білім алып, студияларды қажетті құрал-жабдықтармен, жаңа технологиялармен қамтамасыз етіп, әр маманға өз деңгейіне сай еңбекақы төленетіндей қаржы бөлінген кезде ғана мультипликация саласы елімізде жақсы дамиды деген ойдамыз. Сонда ғана сапалы шығармалар көптеп жарық көреді.

Өсіп келе жатқан жастарымыз үшін анимациялық фильмдер – білім мен тәрбиенің қайнар көзі. Болашақта саналы ұрпақ өссін десек, анимация саласына ерекше көңіл бөлуіміз керек. Кинематография мен анимация саласы – заман талабы мен болашаққа деген ұмтылысымыз.

#### Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 13 самых дорогих мультфильмов в мире//Рамблер [Электронный ресурс] [https://kino.rambler.ru/other/39703487/?utm\\_content](https://kino.rambler.ru/other/39703487/?utm_content)
- 2 Қазақстан аниматорлар қауымдастығы//Нур – Медиа [Электронный ресурс], 2019 <https://nurmedia.kz/ru/news/213-azamultifilm-studijasyn-ashajy-desem-br-bleuge-mar.html>
- 3 Бондаренко Е. А. Телевидение в формировании медиакультуры современного подростка// Ученик в обновляющейся школе. М., 2002 №5, 409 с.
- 4 Шариков А. В. Медиаобразование: мировой и отечественный опыт. М.: Издательский центр «Академия», 2002, 576 с.
- 5 Inkar Matzhanova <http://test.massaget.kz:81/blogs/15622/> сайтына жазған мақаласынан. 30 қыркүйек 2015
- 6 Курчевский В. Ключи к экранному творчеству. Рассказы о мультипликации// Россия, Московский детский фонд при финансовой поддержке Комитета общественных связей города Москвы, 2014. - С.4-5.
- 7 Ma, B., Dong, Y., Liu, H., Cao, Z. *Soft multimedia assisted new energy productive landscape design based on environmental analysis and edge-driven artificial intelligence*// *Soft Computing* ISSN 14327643 volume 26, pages12957–12967 (2022), DOI 10.1007/s00500-021-06155-9
- 8 Шаханская А.Ю. Влияние мультипликационных фильмов на развитие детей младшего школьного возраста//Вестник Челябинского государственного университета. 2013 №22, 313с. Филология. Искусствоведение. Вып. 81, С.286–289.
- 9 Rick, Parent. *Computer Animation: Algorithms and Techniques*// Newnes, Oct 18, 2012 - Computers - 542 pages. ISBN 0124159737, 9780124159730.
- 10 Williams, Richard (2012-09-25). *The Animator's Survival Kit: A Manual of Methods, Principles and Formulas for Classical, Computer, Games, Stop Motion and Internet Animators*. Macmillan. ISBN 978-0-86547-897-8.
- 11 Akman, A., Sahillioglu, Y., Sezgin, T.M. *Deep generation of 3D articulated models and animations from 2D stick figures*// *Computers & Graphics* ISSN00978493 Volume 109, December 2022, Pages 65-74 <https://doi.org/10.1016/j.cag.2022.10.004>
- 12 Кожуховская С. М. *3d Studio Max 13.; М-во образования РФ [и др.]. – Екатеринбург : АКВА–ПРЕСС, 2014. – 240 с.*
- 13 *3ds Max // Autodesk. [Электронный ресурс] <https://www.autodesk.ru/products/3ds-max/overview>*
- 14 Оразбаева А.А. *3d графика негіздері: оқу-әдістемелік құрал*//Талдықорған: І. Жансүгіров атындағы Жетісу мемлекеттік университеті, 2017 – 283 бет, 236-238б. ISBN 978-601-216-397-1

References:

- 1 13 samykh dorogih multfilmov v mire [13 most expensive cartoons in the world]. Rambler [Electronnyi resurs] [https://kino.rambler.ru/other/39703487/?utm\\_content](https://kino.rambler.ru/other/39703487/?utm_content) (In Russian)
- 2 Kazakhstan animatorlar kauymdasty [Associate animators of Kazakhstan] (2019). Nur-Media [Electronnyi resurs] <https://nurmedia.kz/ru/news/213-azamultfilm-studijasyn-ashajy-desem-br-blnuge-mar.html> (In Kazakh)
- 3 Bondarenko E. A. (2002) *Televidenie v formirovanii mediakultury sovremennogo podrostka [Television in the formation of the media culture of the modern teenager]. Uchebnik v obnovyaiushei shkole №5, 409 (In Russian)*
- 4 Sharikov A. V. (2002) *Medyaobrazovanie: mirovoi I otechestvennyi opit [Media Education: World and Domestic Experience]. M.: Izdatelski tsentr «Академия», 576 (In Russian)*
- 5 Inkar Matzhanova (2015) [http://test.massaget.kz:81/blogs/15622/saitina\\_jazgan\\_makalasyan](http://test.massaget.kz:81/blogs/15622/saitina_jazgan_makalasyan) [http://test.massaget.kz:81/blogs/15622/from\_an\_article\_he\_wrote\_on\_the\_website] 30 qirkuyek (In Kazakh)
- 6 Kurchevskij V. (2014) *Kljuchi k jekrannomu tvorchestvu. Rasskazy o mul'tiplikacii [Keys to screen creativity. Animation stories]. Rossiya, Moskovskij detskij fond pri finansovoj podderzhke Komiteta obshhestvennyh svjazej goroda Moskvy, 4-5. (In Russian)*
- 7 Ma, B., Dong, Y., Liu, H., Cao, Z. (2022) *Soft multimedia assisted new energy productive landscape design based on environmental analysis and edge-driven artificial intelligence. Soft Computing ISSN 14327643 volume 26, pages12957–12967, DOI 10.1007/s00500-021-06155-9*
- 8 Shakhanskaya A.Yu. (2013) *Vliyanie multiplikacionnyh filmov na razvitie detei mladshego shkolnogo vozrasta [The influence of animated films on the development of children of primary school age]. Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta. №22, 313s. Philologiya Iskustvovedenie Vyp. 81,286–289. (In Russian)*
- 9 Rick, Parent. *Computer Animation: Algorithms and Techniques// Newnes, Oct 18, 2012 - Computers - 542 pages. ISBN 0124159737, 9780124159730.*
- 10 Williams, Richard (2012-09-25). *The Animator's Survival Kit: A Manual of Methods, Principles and Formulas for Classical, Computer, Games, Stop Motion and Internet Animators. Macmillan. ISBN 978-0-86547-897-8.*
- 11 Akman, A., Sahillioğlu, Y., Sezgin, T.M. (2022) *Deep generation of 3D articulated models and animations from 2D stick figures// Computers & Graphics ISSN00978493 Volume 109, December, Pages 65-74 <https://doi.org/10.1016/j.cag.2022.10.004>*
- 12 Kozhukhovskaya S. M. (2014) *3d Studio Max 13.; Ministrstvo obrazovanya RF[i dr]. Ekaterinburg: AQVA-PRESS, - 240 (In Russian)*
- 13 *3ds Max Autodesk. [Electronnyi resurs] <https://www.autodesk.ru/products/3ds-max/overview>*
- 14 Orazbaeva A.A. (2017) *3d grafika negizderi [Fundamentals of 3D graphics]. Oku – adistemelik kural Taldykorgan: I. Zhansugurov atindagi Zhetysu University – 283, ISBN 978-601-216-397-1 (In Kazakh)*

*А.Е. Сағымбаева<sup>1</sup>, Н. Ниембаева<sup>2\*</sup>*

<sup>1</sup>*Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан*

<sup>2</sup>*М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қ., Қазақстан*

*\*e-mail: n\_nadira79@mail.ru*

## **ИНФОРМАТИКАДАН ИНТЕРБЕЛСЕНДІ ОРТАДА ҮЙРЕТУШІ ОЙЫНДАР ЖАСАУҒА ОҚЫТУДЫҢ ТИІМДІЛІГІ**

*Аңдатпа*

Мақаланың мақсаты информатикадан қосымша білім беруде интербелсенді ортаны пайдаланып үйретуші ойындар жасауға оқытудың тиімділігін көрсету. Информатикадан қосымша білім беру жағдайында үйретуші ойындарды жасауға оқытудың мақсаты оқушылардың ойындарды және басқа интербелсенді технологияларды пайдаланып, қызықты және тиімді оқу тәжірибесіне қажетті білім, біліктілік және дағдыларын қалыптастыру. Интербелсенді оқыту ортасын пайдаланып, үйретуші ойындар жасауды оқыту үшін оқу материалын таңдауда сараптамалық әдістер қолданылды. Сауалнамалар арқылы компьютерлік ойындарды программалауды оқытудың мазмұнын таңдау үшін топтық және сараптамалық бағалау әдісі қарастырылды, интербелсенді оқу ортасын қолдана отырып үйретуші ойындар жасауға оқыту үшін дескрипторлар түсініктері анықталды. Әрбір сарапшыға информатикадан оларды пайдалану деңгейі бойынша үйретуші ойындарды жасауға қажетті ұғымдар ұсынылды. Жалпы информатикадан қосымша білім беру жағдайында интербелсенді ортаны пайдаланып, білім алушыларды үйретуші ойындар жасауға оқыту әдістемесін зерттеудің практикалық маңыздылығын түсіндіруге, нәтижелерін жақсартуға, үйретуші ойындарды жасауға ынталандыруға, сондай-ақ білім алушылардың дағдылары мен білімдерін дамытуға ықпал етуі мүмкін.

**Түйін сөздер:** қосымша білім беру, интербелсенді орта, үйретуші ойындар, педагогикалық эксперимент, білім алушылар, программалау.

*Аннотация*

*А.Е. Сағымбаева<sup>1</sup>, Н. Ниембаева<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Казахский Национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан*

<sup>2</sup>*Таразский региональный университет имени М.Х.Дулати, г.Тараз, Казахстан*

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБУЧЕНИЯ СОЗДАНИЮ ОБУЧАЮЩИХ ИГР В ИНТЕРАКТИВНОЙ СРЕДЕ ПО ИНФОРМАТИКЕ**

Цель статьи показать эффективность обучения созданию обучающих игр с использованием интерактивной среды в дополнительном образовании по информатике. Целью обучения созданию обучающих игр в условиях дополнительного образования по информатике является формирование у учащихся знаний, умений и навыков, необходимых для интересного и эффективного опыта обучения с использованием игр и других интерактивных технологий. Для обучения созданию обучающих игр с использованием интерактивной среды обучения использовались экспертные методы в выборе учебного материала. С помощью анкет был рассмотрен метод групповой и экспертной оценки для выбора содержания обучения программированию компьютерных игр, определены понятия дескрипторов для обучения созданию обучающих игр с использованием интерактивной учебной среды. Каждому эксперту были предложены понятия, необходимые для создания обучающих игр по информатике по уровню их использования. Использование интерактивной среды в условиях дополнительного образования по информатике в целом может способствовать объяснению практической значимости изучения методики обучения обучающихся созданию обучающих игр, улучшению результатов, стимулированию к созданию обучающих игр, а также развитию навыков и знаний обучающихся.

**Ключевые слова:** дополнительное образование, интерактивная среда, обучающие игры, педагогический эксперимент, обучающиеся, программирование.

Abstract

## THE EFFECTIVENESS OF TRAINING IN THE CREATION OF EDUCATIONAL GAMES IN AN INTERACTIVE ENVIRONMENT IN COMPUTER SCIENCE

Sagimbayeva A.E.<sup>1</sup>, Nietbaeva N.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup> The M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan

The purpose of the article is to show the effectiveness of teaching the creation of educational games using an interactive environment in additional education in computer science. The purpose of teaching the creation of educational games in the conditions of additional education in computer science is to form students' knowledge, skills and abilities necessary for an interesting and effective learning experience using games and other interactive technologies. To teach the creation of educational games using an interactive learning environment, expert methods were used in the selection of educational material. With the help of questionnaires, the method of group and expert evaluation for choosing the content of computer game programming training was considered, the concepts of descriptors for teaching the creation of educational games using an interactive learning environment were defined. Each expert was offered the concepts necessary to create computer science training games according to the level of their use. The use of an interactive environment in the conditions of additional education in computer science in general can help explain the practical significance of studying the methodology of teaching students to create learning games, improve results, stimulate the creation of learning games, as well as the development of skills and knowledge of students.

**Keywords:** additional education, interactive environment, educational games, pedagogical experiment, students, programming.

### Кіріспе

Мектеп информатикасының программалау бөлімі оқушылардың логикалық және математикалық дайындықтарын қажет ететін күрделі бөлімдердің бірі болып есептеледі. Жалпы мектептің негізгі сатысында жалпы информатика пәніне және соның ішінде программалау бөліміне бөлінетін сағаттың аздығынан оқушылар программалау бөлімін меңгеру барысында бірақ қиындықтарға тап болады, сондықтан да, аталмыш бөлім қосымша оқытуды қажет етеді.

Қосымша білім беру жағдайында информатика пәнінің программалау бөлімін үйретуші ойындарды пайдаланып оқыту тәжірибесі оқу бағдарламасының нақты мақсаттары мен міндеттеріне, оқушылардың жас ерекшеліктері мен қабілеттеріне сәйкес оқытудың әртүрлі тәсілдері мен әдістерін қарастырған дұрыс. Осыған байланысты оқушыларға берілетін қосымша сабақтардың жеке нәтижелерімен интернет-кеңістігінде танысуға болады. Мәселен, AppStore, Google Play, GitHub қорларына әр түрлі салалар бойынша оқыту ойындары ашық қолжетімді түрде орналастырылған.

Ал, үйретуші ойындарды жасауда қолданылатын практикалық кодтау мен ойындарды жасау, жобаларға негізделген оқыту, ойын арқылы оқыту және т.с.с. оқытудың әдістері мен тәсілдері белгілі. Үйретуші ойындар - бұл адамдарға, әсіресе балаларға, белгілі бір пәнге немесе дағдыға үйретуге арналған ойындар.

Информатикадан қосымша білім беру жағдайында үйретуші ойындарды жасауды оқытудың мақсаты оқушылардың ойындарды және басқа интербелсенді технологияларды пайдаланып, қызықты және тиімді оқу тәжірибесіне қажетті білім, біліктілік және дағдыларын қалыптастыру.

Интербелсенді орта – оқушыларға қоршаған ортамен, нысанмен және басқа оқушылармен өзара іс-әрекет жасау арқылы өз білімдерін құруға мүмкіндік беретін орта. Интербелсенді ортада жасалған үйретуші ойындар оқушыларға есептерді шешудің әртүрлі стратегияларын зерттеуге және тәжірибе жасауға көмектесетін орта құруға бағытталады.

Қосымша білім беру жағдайында интербелсенді ортаны пайдаланып үйретуші ойындарды жасауға оқытудың әдістемелік жүйесі информатиканы оқытудың тиімділігін арттыруға, білімді цифрландыру саласында оқушылардың тәжірибелік білімі мен дағдыларды қалыптастыруға ықпал етеді, сонымен қатар, оқушылардың танымдық қызығушылықтарын, мотивациясын дамытуға, оқытудың тұлғалық-бағдарланған және іс-әрекеттік тәсілдерін іске асыруға мүмкіндік береді.

### Зерттеу әдіснамасы

Педагогикалық эксперимент - оқытудың әртүрлі әдістерін, стратегияларын тексеру және бағалау мақсатында жүргізілетін зерттеудің бір түрі. Информатикадан қосымша білім беру жағдайында оқытудың қолданбалы және кәсіптік бағытын күшейту, оқытудың тиімділігін арттыру мақсатында интербелсенді оқыту ортасын пайдалану арқылы сабақ өткізудің әдістемелік сценарийлерін құру және

үйретуші ойындарды дайындау екі кезеңде өткен эксперимент барысында дайындалды: I-кезең - іздеу эксперименті; II-кезең - бақылау эксперименті.

Іздеу эксперименті информатика сабақтарында, компьютерлік ойындарды дайындау үйірмелерінде, қосымша білім беру жағдайында да үйретуші ойындарды дайындауға оқыту барысында жүргізілді. Сұхбат түріндегі эмпирикалық зерттеулер педагогикалық университеттердің оқытушылары мен білім алушыларының арасында өткізілді.

Іздеу эксперименті кезінде компьютерлік ойындарды, оның ішінде үйретуші ойындарды программалау бойынша оқу материалдарына, ойындарды жасауға үйретудің интербелсенді ортасын оқыту үдерісінде тиімді пайдалану үшін оқу материалдарын іріктеу критерийлерін анықтау мақсатында информатикадан дәстүрлі оқулықтарға, оқытушылар мен мұғалімдер мектептен тыс сабақтарда қолданатын дидактикалық материалдарға талдау жүргізілді [1]. Үйретуші ойындарды жасайтын интербелсенді орта құралдары, информатиканың программалау бөлімінің тақырыптары мен есептері таңдалды. Оларды шешу үшін интербелсенді оқу ортасын қолданудың қажеттілігі педагогикалық тұрғыдан негізделді. Интербелсенді үйретуші ойындарды жасауды оқытудың қажетті және жеткілікті шарттары зерттелді, интербелсенді оқыту ортасы негізінде сабақтарды өткізудің әдістемелік сценарийі дайындалды. Оқытудың интербелсенді ортасын пайдаланудың үйретуші ойындарды жасауға оқыту әдістемесін жетілдіруге әсері зерттелді, дайындалған әдістемелік сценарийлердің үйретуші ойындарды оқыту сапасын арттыруға әсері тексерілді.

Педагогикалық зерттеулерді сандық бағалау үшін сараптамалық бағалау деректері, топтық сараптамалық бағалау әдісі қолданылды.

Сараптамалық топтың құрамына сарапшылар ретінде М.Х.Дулати атындағы Тараз өңірлік университетінің, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университетінің оқытушылары, магистранттары, докторанттары, студенттері алынды. Олардың барлығы іздеу экспериментінің мақсаттарымен танысты және жеткілікті деңгейде құзыреттілікке, қызығушылыққа, объективтілікке ие болды. Сарапшыларды іріктеп алу үшін сауалнамалар, түсіндірме жазбалар дайындалып, таратылды. Алынған сауалнамаларды өндегеннен кейін 35 адамнан тұратын сарапшылар құрамы таңдалып алынды. Сарапшылар тобын құру үшін 5 сауалнама арқылы сарапшылардың құзыреттілігі өзара ұсыныстар, өзін-өзі бағалау, сауалнама деректерінің дәлелденуін бағалау және келісімді бағалау арқылы кешенді бағаланды [2].

$K_j$  сарапшысының құзыреттілігін кешенді бағалау жүзеге асырылды (1):

$$K_j = \sum_{l=1}^5 C_l K_{jl} \quad (1)$$

Мұндағы,

$K_{jl}$  –  $j$ -ші сарапшының құзыреттілік коэффициенті

$C_l$  -  $l$  - ші сауалнаманың салмақ коэффициенті

Сарапшылар мен экспериментті анықтау әдістемесінің негізінде 15 адамнан тұратын сараптамалық топ құрылды.

Алдымен интербелсенді оқыту ортасын пайдаланып, үйретуші ойындарды жасауға оқыту мақсатында оқу материалын іріктеп алу үшін сараптамалық әдістер қолданылды. Компьютерлік ойындарды программалауды оқытудың мазмұнын іріктеу үшін топтық және сараптамалық бағалау әдістерін қарастырайық. Сауалнамалардың көмегімен интербелсенді оқыту ортасын қолданып оқытуға болатын үйретуші ойындарды жасау курсының дескрипторлары түсініктері анықталды.

Әрбір сарапшыға информатикадан пайдалану деңгейі бойынша үйретуші ойындарды жасау үдерісіне қажетті ұғымдарды келтіру ұсынылды: Т-Түсіну; Б-Біліктілік; Д-Дағды.

Бұл ретте, сарапшыларға келесі түсініктеме берілді:

1) Егер үйретуші ойындарды жасау курсы түсінігі тек теориялық мәселелерді беру кезінде қолданылса, онда бұл түсіну деңгейі (Т) болады да, тиісті бағанға Т белгісі қойылады да, әдістемелік сценарий және жұмыс жасауға қажетті интербелсенді орта таңдалады.

2) Егер үйретуші ойындарды жасау курсы түсінігі программалау жүзеге асырылатын белгілі бір есепті шешу үшін қажет болса, онда бұл біліктілік деңгейі (Б) болады да, үйретуші ойындарды жасау бойынша қойылған есепті шешу барысындағы біліктілікті іске асыруға мүмкіндік беретін әдістемелік сценарий таңдалады.

3) Егер үйретуші ойындарды жасау курсының түсінігі үйретуші ойындарды жасау курсының сәйкес теориялық және практикалық бөлігінде қолданылса және ойындарды жасау бойынша қолданбалы

есептерді тиімді шешуге негіз болса, онда бұл дағды деңгейі (Д) болады. Бұл кезде алғашқы 2 жағдайды қолдайтын әдістемелік сценарий, сонымен қоса оқытудың жобалық әдісі тандалады [3].

Бастапқы сауалнама ретінде сараптамалық топ мүшелеріне сауалнама ұсынылды.

Сарапшылар сауалнамадағы өзгерістерге тиісті баға бере алады, егер көпшілік дауыспен, сарапшылардың 50%-дан астамы қабылдаған болса, қабылданады. Мұндай сауалнамалар былай өңделеді:

1)  $ch_i$  үйретуші ойындарды жасау курсы түсініктерін пайдалану жиілігін есептейді (2):

$$ch_i = n_i / (n - i) \quad (2)$$

Мұндағы,

$n$  - дескрипторлардың жалпы саны (үйретуші ойындарды жасау курсының түсініктері)

$n_i$  - үйретуші ойындарды программалау үдерісінде  $i$  -ші дескрипторды қолданудың жалпы саны

2) дескрипторларды пайдалану деңгейлері (түсіну, біліктілік, дағды) үшін салмақ коэффициенттері мынадай түрде белгіленеді: Т –  $a_1=0.1$ ; Б –  $a_2=0.3$ ; Д –  $a_3=0.6$

3) үйретуші ойындарды дайындау курсының түсінігін пайдаланудың қорытынды деңгейі және әдістемелік сценарийдің көмегімен оқыту мүмкіндіктері оларға берілген дауыстар бойынша анықталады. Осы сандық сипаттамаларды пайдаланып, үйретуші ойындарды жасау курсының тиісті бөлімінде қолданылатын  $V_i$  салмақ коэффициенттері бағаланды (3):

$$V_i = ch_i * a_i \text{ exp} \quad (3)$$

мұндағы,

$V_i$  -  $i$ -ші ұғымның салмақ коэффициенттері

$ch_i$  -  $i$ -ші ұғымды қолдану жиілігі

$a_i \text{ exp}$  -  $i$ -ші дескрипторды пайдалану деңгейлерін ұжымдық бағалау.

Сарапшылардың сауалнамалары мен үйретуші ойындарды жасау курсының түсініктерін қолданудың сандық сипаттамаларын пайдаланып, информатикадан қосымша білім беру жағдайында интербелсенді оқыту ортасында үйретуші ойындарды жасауды оқыту мазмұны іріктелді.

Алынған сауалнамалардың көмегімен салмақ коэффициенттері мен қолдану жиілігінің шамалары бір-бірімен салыстырылып, үйретуші ойындарды дайындау курсы түсінігінің маңыздылық дәрежесі және оларды интербелсенді оқыту орталарын пайдалана отырып оқыту мүмкіндіктері жайлы қорытындылар жасалды. Үйретуші ойындарды жасау курсының мұғалімдері оқыту уақыттарын бөлуді қайта қарастыра алады (4):

$$t_i = v_i * v_o \quad (4)$$

мұндағы,

$t_i$  - уақытты оқытуға бөлу мерзімі

$v_i$  - оқытылатын бөлімнің немесе тақырыптың маңыздылығының орташа салмақ коэффициенті

$v_o$  - тиісті бөлімді оқытуға белгіленген уақыт

Осылайша үйретуші ойындарды жасауды оқыту мазмұнын іріктеуді талдаудың жоғарыда келтірілген әдісі оқытудың интербелсенді ортасын пайдаланудың орынды және тиімді екенін көрсетті.

Топтық сараптамалық бағалау әдісі интербелсенді оқыту ортасын пайдаланып, үйретуші ойындарды жасауға оқыту мазмұны мен оқу материалдарын іріктеу үшін және информатикадан қосымша білім беру жағдайында интербелсенді оқыту ортасын пайдаланып үйретуші ойындарды жасауға оқытудың әдістемелік сценарийлерін анықтау үшін қолданылды.

Осы мақсатта мынадай міндеттер қойылды:

- үйретуші ойындарды жасаудың негізгі түсініктері, біліктіліктері мен дағдыларын іріктеу, оларды тиімді оқытуды интербелсенді ортада жүзеге асыру;

- интербелсенді органы пайдаланып, үйретуші ойындарды жасауға оқыту үшін дидактикалық материалдарды іріктеу;

- үйретуші ойындарды жасауға оқытудың міндеттеріне сәйкес әдістемелік сценарийлерді және оларды сабақта шешу ретін анықтау.

Бақылау экспериментін жүргізуде мынадай болжамдар енгізілді: заманауи интербелсенді оқыту ортасын пайдалану информатикадан қосымша білім беру жағдайында үйретуші ойындарды жасауға оқытудың әдістемесін жетілдіруге ықпал етеді, үйретуші ойындарды жасау курсының бейіндік



бағытын күшейтеді, оқушылардың мотивациясын арттырады, танымдық қызығушылықтарды дамытады [4]. Үйретуші ойындарды жасауда қарастырылған материалды зерделеу кезінде интербелсенді оқыту ортасын пайдалану, үйретуші ойындарды программалау арқылы қолданбалы есептерді шешу педагогикалық тұрғыдан негізделеді және үйретуші ойындарды жасауға оқыту барысында интербелсенді орталарды пайдаланудың тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді, информатикадан қосымша білім беру жағдайында үйретуші ойындарды жасауға оқытудың әдістемелік жүйесі білім алушыларға үйретуші ойындарды жасау барысында көптеген қолданбалы есептерді қарапайым және қолжетімді тәсілдермен шешуге ғана мүмкіндік беріп қоймай, сонымен қатар EdTech заманауи индустриясының маңызды идеяларын және ойыншылардың (геймерлер), ойын (гейм) әзірлеушілердің дағдыларын нақты динамикалық үдерістерді визуализациялау ретінде салыстырмалы түрде жеңіл меңгеруге мүмкіндік береді. Информатикадан үйретуші ойындарды жасау курсының бейіндік бағдарын тиімді іске асыруға және цифрлық педагогиканың заманауи парадигмасын жүзеге асыруға ықпал етеді [5].

Бақылаушы эксперимент қосымша білім беру жағдайында М.Х.Дулати атындағы Тараз өңірлік университетінде үйірме, Алматы және Тараз қалаларының №5 және №45 мектеп-гимназияларында факультативтік сабақ түрінде жүргізілді. Бақылаушы эксперимент барысында топтық сараптамалық бағалау әдісі қолданылды. Сарапшылар интербелсенді орталарды пайдаланып үйретуші ойындарды жасауға оқытудың әдістемесімен танысты. Олар әдістемені, білім алушыларға ұсынылған эксперименттік және бақылау топтарындағы бақылау тапсырмаларының нәтижелерін талдау керек болды. Бақылау тапсырмалары интербелсенді оқыту ортасын тиімді пайдаланып үйретуші ойындарды жасауға арналған оқу материалдарын іріктеу критерийлеріне сәйкес жасалды. Оқытушылардан сауалнама алу барысында әр сарапшы үйретуші ойын түрлерінен интербелсенді оқыту ортасының, сонымен қатар шағын ойын оқу жобаларының жіктелік белгілері туралы өз пікірлерін білдіріп отырды. Содан кейін таңдалған белгілер сауалнамаға енгізілген белгілер санына сәйкес шкала бойынша бағаланды. Сарапшылардан ең көп ұпай жинаған белгілер таңдалып алынды. Шағын ойын оқу жобаларының жіктелісін таңдап, негіздегеннен кейін сарапшылар интербелсенді ортаны пайдаланудың белгілі бір қырларын көрсететіндей ұсынылған оқу жобаларын сыныптарға бөлді. Сараптаманың қортындысы бойынша интербелсенді оқыту ортасын тиімді пайдаланудың негізгі мәселелерін барынша толық көрсететін шағын ойын оқыту жобалары таңдалып алынды.

### Зерттеу нәтижелері

Бақылау жұмысының нәтижелерін талдап, сарапшылар интербелсенді оқыту ортасын пайдаланудың үйретуші ойындарды жасауға оқытудың тиімділігін арттырудағы әсерін бағалап, сауалнама сұрақтарына жауап береді.

6 сарапшыға арналған сауалнама нәтижелері 1-кестеде көрсетілген, онда жолдар сұрақтарға, бағандар сарапшыларға сәйкес келеді, жолдар мен бағандардың қиылысында 0-ден 1-ге дейінгі мәнді қабылдай алатын сарапшылардың жауаптарының сандық сипаттамалары көрсетілген.

Кесте 1. Сауалнама нәтижелері

Сарапшылар	1	2	3	4	5	6	$P_i$
Сұрақтар							
1	0,80	0,80	0,80	1,00	1,00	1,00	3,31
2	1,00	1,00	0,80	0,80	0,70	0,80	3,17
3	0,80	0,80	0,70	0,70	0,80	1,00	2,95
4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,76
5	1,00	1,00	1,00	0,90	1,00	1,00	3,70
6	1,00	1,00	1,00	0,80	0,70	1,00	3,38
7	1,00	0,90	0,80	0,80	1,00	1,00	3,48
8	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,76
9	1,00	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	3,68
10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,76

Сарапшылардың құзыреттілік коэффициенттерінің мәні:  $K_1=0,8$ ;  $K_2=0,7$ ;  $K_3=0,7$ ;  $K_4=0,3$ ;  $K_5=0,8$ ;  $i$ -ші сұрақ үшін жиынтық сандық бағалау (5):

$$P_i = \sum_{j=1}^6 C_{ij}K_j \quad (5)$$

$P_i$  - 6 сарапшының  $i$  -ші сұрағының қосынды бағасы

$C_{ij}$  -  $j$  - сарапшының  $i$  -сұраққа жауабының сандық бағасы

$K_j$  - сарапшылардың құзыреттілік коэффициенттері

Нәтижелер эксперимент алдында қойылған болжамды растады. Мұғалімдер арасында жүргізілген сауалнама нәтижелері үйретуші ойындарды жасауға оқытуда нақты интербелсенді оқыту ортасын пайдалану оқыту нәтижелеріне оң әсер ететінін көрсетті. Эксперименттік оқытудың тиімділігі бойынша бақылау тобының бірқатар білім алушылары шағын ойын жобаларын программалауға тырысты, бірақ нәтиже ала алмады. Ал, кейбір білім алушылар үйретуші ойындарды құрастыра отырып, ақпараттық модельдер жасай алмады. Олар эксперименттік топтағы білім алушыларға қарағанда программалаудың негізгі технологиялары бойынша білім деңгейінің төмен екенін көрсетті, интербелсенді ақпарат алмасуды қолдайтын интербелсенді оқыту ортасының қызметін қалай пайдалану керектігін білмеді.

Қосымша білім беру жағдайында бақылау экспериментін жүргізу кезінде зерттеу этикасын және қатысушылардың құқықтарын сақтауды қамтамасыз ету маңызды. Бұл қатысушылардан ақпараттандырылған келісім алуды, олардың жеке өмірін қорғауды қамтамасыз етуді және зерттеу нәтижелері туралы кері байланыс беруді қамтуы мүмкін [6].

Деректерді жинау кезеңінде зерттеуге қатысқан білім алушыларымен бетпе-бет сұхбат жүргізілді. Сұхбат барысында білім алушыларға аудиожазба жасауға рұқсат берілді. Сұхбаттың сұрақтары білім алушыларға бірдей тәртіпте және ешқандай нұсқаусыз қойылды. Әр білім алушыдан сұхбат алу шамамен 30-35 минутқа созылды. Зерттеуге қатысқан 40 білім алушыдан сұхбат алу үшін шамамен 5 апта қажет болды.

Деректерді талдау үшін сипаттамалық талдау әдісі қолданылды. Сипаттамалық талдаудың мақсаты өңделмеген деректерді оқырман түсінетін және керек кезде пайдалана алатын түрге келтіру болды. Сипаттамалық талдау кезінде алынған мәліметтер алдын-ала анықталған тақырыптарға сәйкес жинақталып, түсіндіріледі.

## Дискуссия

Зерттеу нәтижелерін талдауда келесі қадамдар жасалды:

Сұхбат стенограммасы: сұрақтардың дұрыстығын анықтағаннан кейін 40 білім алушыдан сұхбат алынды. Сұхбат кезінде жазылған дауыстарды зерттеушілер талдап, сұхбатты декодтау формасы құрылды, онда әр жолға нөмірлер берілді.

Сұхбатты кодтау кілттерін дайындау: сұхбат стенограммасы жасалғаннан кейін сұхбат сұрақтары бірінен соң бірі өңделді және нұсқалар әр сұраққа берілген барлық жауаптарға сәйкес тізімделді. Осы бағалаулардың нәтижесінде "сұхбатты кодтау кілті" дайындалды, онда сұрақтың әр тармағына жауап беру нұсқалары жазылды.

Зерттеудің сенімділігі: өтініш бергеннен кейін сұхбаттың кодтау кілттері мен сұхбат стенограммасын сарапшылар бөлек оқыды. "Консенсус" және "келіспеушілік" мәселелерін талқылау арқылы қажетті шаралар қабылданды. Зерттеудің сенімділігі үшін Майлз және Хуберман [7] ұсынған сенімділік формуласы қолданылды. Есептеу нәтижесінде сенімділік 89% екендігі анықталды. Мұнда алынған нәтиже зерттеу үшін сенімді болып саналады.

Зерттеуге қатысқан білім алушылардың үйретуші ойындардың көмегімен программалауды үйрену тәжірибесі туралы пікірлері келтірілген (2-кесте).

*Кесте 2. Білім алушылардың үйретуші ойындардың көмегімен программалауды үйрену тәжірибесі туралы пікірлері*

Білім алушылардың пікірлері	F	%
Менің тәжірибем бар	19	47.5
Менің тәжірибем жоқ	21	52.5
Барлығы	40	100

2-кестеден білім алушылардың 47,5%-ы үйретуші ойындардың көмегімен программалауды үйрену тәжірибесі бар екенін, 52,5%-ы тәжірибесі жоқ екенін көруге болады.

Білім алушылардың үйретуші ойындардың көмегімен программалауды үйренудің артықшылықтары жайлы пікірлері келтірілген (3-кесте).

*Кесте 3. Білім алушылардың үйретуші ойындардың көмегімен программалауды үйренудің артықшылықтары туралы пікірлері*

Тақырыптар	Кодтар	F	%
Оқудың қарапайымдылығы	Оқуды жеңілдетеді	32	80
	Ақпаратты оңай күшейтуді қамтамасыз етеді		
Қызықты оқу ортасы	Қызықты оқытуды қамтамасыз етеді	23	57.5
	Оқу кезінде жағымды уақыт өткізуге мүмкіндік береді		
Оқытудағы табандылық	Тиімді оқу ортасын қамтамасыз етеді	17	42.5
	Оқуды тұрақты етеді		
Мотивацияны арттыру	Оқуға деген ұмтылысты ынталандырады	11	27.5
	Оқыту үдерісін күшейтуге деген ұмтылысты оятады		
Мәселелерді шешу қабілетін дамыту	Ұтымды шешімдерді дайындау мүмкіндігін қамтамасыз етеді	5	12.5
	Мәселелерді тез шешу дағдыларын дамытады		

Зерттеуге қатысқан білім алушыларының үйретуші ойындардың көмегімен программалауды оқытудың кемшіліктері туралы пікірлері келтірілген (4-кесте).

*Кесте 4. Білім алушыларының үйретуші ойындардың көмегімен программалауды оқытудың кемшіліктері туралы пікірлері*

Тақырыптар	Кодтар	F	%
Үйретуші ойындардағы жеткіліксіздік	Тиісті үйретуші ойындарының болмауы	21	52.5
	Қызықты үйретуші ойындарының болмауы		
Техникалық инфрақұрылымның кемшіліктері	Пайда болған техникалық мәселелер	15	37.5
	Интернетке кіру мәселелері		
Кемшіліктер жоқ	Кемшіліктер жоқ	14	35
	Кемшіліктер жоқ		
Ақпараттық инфрақұрылымдағы кемшіліктер	Программалаумен алғаш таныс білім алушылардың білімінің жетіспеушілігі	7	17.5
	Ақпараттық инфрақұрылым жеткіліксіз		

Зерттеуге қатысқан білім алушылардың үйретуші ойындардың көмегімен программалауды үйренуге деген ынтасы туралы пікірлері келтірілген (5-кесте).

*Кесте 5. Білім алушыларының үйретуші ойындардың көмегімен программалауды үйренуге деген ынтасы туралы пікірлері*

Білім алушылардың пікірлері	F	%
Мен қалар едім	7	17.5
Мен қалаймын	23	57.5
Мен қалыс қаламын	5	12.5
Мен қаламаймын	4	10
Мен ешқашан қаламаймын	1	2.5
Барлығы	40	100

Зерттеуге қатысқан білім алушылардың үйретуші ойындардың көмегімен программалауды үйрену тәжірибесінің екі есе аз екені анықталды. А. Вигфилд, С. Тонкс және С.Л. Клауд өз зерттеулерінде білім алушылардың үйретуші ойындардың көмегімен алатын білімі мен тәжірибесі олардың болашақ өмірі мен кәсібінде кездесетін мәселелерді шешуге көмектесетінін айтты [8]. Зерттеу барысында

алдыңғы білімі мен тәжірибесі бар білім алушылардың білімі, қызығушылығы және оқуға деген ынтасы жоғары екендігі анықталды.

Білім алушылар үйретуші ойындардың көмегімен программалауды оқытудың артықшылықтарын оқытудың жеңілдігі, оқытудың тұрақтылығы, мотивацияны арттыру мен қойылған есептерді шешу қабілетін дамытады [9]. М. Принс білім алушылар білім беруші ақпараттан тұратын ойынды ойнау арқылы білім мен дағдыларды байқамай белсенді түрде игеретінін тұжырымдаған болатын. Зерттеу барысында білім алушылардың ойын ойнау кезінде білім мен дағдыларды динамикалық және жігерлі түрде игеретіндігі, сонымен қатар олардың ойынға деген қызығушылықтары мен жетістікке жету сияқты эмоциялары білінеді. Бүгінгі таңда алдағы кезеңдегі заман талабына сай әрекет ету үшін үйретуші ойындарды жасауға үйрету қажеттілікке айналғанын байқауға болады [10].

### Қорытынды

Қазіргі кезде алдағы кезеңдегі дәуірдің қажеттіліктеріне сәйкес әрекет ету үшін, үйретуші ойындарды жасауды оқыту таңдаудан гөрі қажеттілікке айналғанын көруге болады. Үйретуші ойындар білім беру программалық құралы ретінде белгілі. Білім беру программалық құралы оқушылардың қызығушылықтары мен қажеттіліктеріне сәйкес оқытылатын мазмұнды визуалды және дыбыстық сүйемелдеу, сонымен қатар кез келген мазмұнды немесе проблемалық жағдайды оқыту кезінде жылдам және тиімді оқытуды қамтамасыз ету мақсатында компьютер арқылы оқушыларға ұсыну үшін пайдаланылатын программалық құрал ретінде белгілі. Сол себепті үйретуші ойындарды жасауды оқыту информатиканы оқытудың жаңа тенденцияларының бірі ретінде қарастырылады. Зерттеуге қатысқан білім алушылардың көпшілігінің интербелсенді ортада үйретуші ойындарды жасауға үйренгісі келетіндері анықталды.

Оқыту қосымшаларын құру үшін информатиканы қосымша оқыту жағдайында интербелсенді органы пайдалану тиімділігін бағалау ұсынылады.

Жалпы информатикадан қосымша білім беру жағдайында интербелсенді органы пайдаланып, білім алушыларға үйретуші ойындар жасауға оқыту әдістемесі маңызды болып табылады, себебі ол информатикадан оқушылардың оқу нәтижелерін жақсартады, программалау біліктіліктері мен дағдыларының дамуына ықпал етеді.

### Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Никитин П.В., Горохова Р.И., Зайков А.С. Применение компьютерных игр как фактор повышения качества обучения информатике// *Образовательные технологии и общество*. – 2015. -№3.- с. 397-409.
- 2 Yesengazyevna, S.A., Niyetbayeva, N., Tassuov, B., Kalima, T., & Bekbulatovna, A.A. Teaching students programming with the help of educational games in the conditions of additional education in computer science//*Cypriot Journal of Educational Science*.-2022.-V.17. Iss. 6. -P. 1943-1956. <http://dx.doi.org/10.18844/cjes.v17i6.7542>
- 3 Merriam, S.B., & Tisdell, E.J.. *Qualitative research: A guide to design and implementation* (p. 147). NIDA. Retrieved from (2016) [http://icjournal.nida.ac.th/main/public/jn\\_pdf/journal-redorange.pdf#page=153](http://icjournal.nida.ac.th/main/public/jn_pdf/journal-redorange.pdf#page=153)
- 4 Mladenović, S., Krpan, D., & Mladenović, M. (2016). Using games to help novices embrace programming: From elementary to higher education. *The International Journal of Engineering Education*, 32(1), 521–531. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6908045>
- 5 Vatanserver, Ö. (2018). *Investigation of the effect of teaching programming with Scratch on the problem solving skills of secondary school 5th and 6th grade students* (Doctoral dissertation). Bursa Uludag University, Bursa, Turkey. Retrieved from. <https://www.proquest.com/docview/2587759663?pqorigsite=gscholar&fromopenview=true>
- 6 Сағымбаева А. Е., Ниетбаева Н. А. Мектепте программалау негіздерін қосымша оқытудың қажеттілігі. *Абай атындағы ҚазҰПУ Хабаршы. «Физика математика» сериясы*. – Алматы. 2019. –№2 (68). –Б. 250-254.
- 7 Сағымбаева А.Е., Ниетбаева Н.А. Компьютерлік оқыту ойындарын жасау орталарына талдау. *Абай атындағы ҚазҰПУ Хабаршы. «Физика математика» сериясы*. – Алматы. 2019. – Б. 265-270.
- 8 Берн Э. *Люди, которые играют в игры. Игры, в которые играют люди [Текст]*// Э.Берн. —Москва: Эксмо, 2018. —576 с.
- 9 Ulker, Ü., Acar, S., & Bulbul, H.I. (2017). Views of graduate students on the use of educational digital games for educational purposes. 11th International Computer and Instructional Technologies Symposium (ICITS2017). Malatya, Turkey. Retrieved from <https://avesis.gazi.edu.tr/yayin/2ac77e19-76c7-4db7-b1e5-bfde7e743522/lisansustu-ogrencilerin-egitsel-dijital-oyunlarin-egitim-amacli-kullanilmasina-yonelik-gorusleri>
- 10 Mertens, D.M. (2019). *Research and evaluation in education and psychology: Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods*. Sage Publications. Retrieved from. [https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=VEkXBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&ots=4-fBHa8cte&sig=aYe2OXouc-LOeE3w6LeLWMxmuWI&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=VEkXBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&ots=4-fBHa8cte&sig=aYe2OXouc-LOeE3w6LeLWMxmuWI&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

References:

- 1 Nikitin P.V., Gorohova R.I., Zajkov A.S. (2015) *Primenenie komp'yuternyh igr kak faktor povysheniya kachestva obucheniya informatike. [The use of computer games as a factor in improving the quality of computer science education]* *Obrazovatel'nye tekhnologii i obshchestvo. №3. 397-409.* (In Russian)
- 2 Yesengazyeva, S.A., Niyetbayeva, N., Tassuov, B., Kalima, T., & Bekbulatovna, A.A. *Teaching students programming with the help of educational games in the conditions of additional education in computer science*// *Cypriot Journal of Educational Science.*-2022.-V.17. Iss. 6. -P. 1943-1956. <http://dx.doi.org/10.18844/cjes.v17i6.7542>
- 3 Merriam, S.B., & Tisdell, E.J. *Qualitative research: A guide to design and implementation* (p. 147). NIDA. Retrieved from (2016) [http://lcjournal.nida.ac.th/main/public/jn\\_pdf/journal-redorange.pdf#page=153](http://lcjournal.nida.ac.th/main/public/jn_pdf/journal-redorange.pdf#page=153)
- 4 Mladenović, S., Krpan, D., & Mladenović, M. (2016). *Using games to help novices embrace programming: From elementary to higher education. The International Journal of Engineering Education*, 32(1), 521–531. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6908045>
- 5 Vatansver, Ö. (2018). *Investigation of the effect of teaching programming with Scratch on the problem solving skills of secondary school 5th and 6th grade students (Doctoral dissertation). Bursa Uludag University, Bursa, Turkey.* Retrieved from. <https://www.proquest.com/docview/2587759663?pqorigsite=gscholar&fromopenview=true>
- 6 Sagymbaeva A. E., Nietbaeva N. A. (2019) *Mektepte programmalau negizderin qosymsha oqytudyn qazhettligi [The need for additional teaching of programming basics at school]. Abaj atyndaay QazYPU Habarshy. «Fizika matematika» seriyasy. Almaty. №2 (68). 250-254.* (In Kazakh)
- 7 Sagymbaeva A.E., Nietbaeva N.A. (2019) *Komp'yuterlik oqytu ojyndaryn zhasau ortalaryna taldau [Analysis of environments for creating computer educational games]*7 *Abaj atyndaay QazYPU Habarshy. «Fizika matematika» seriyasy. Almaty. 2019. 265-270.* (In Kazakh)
- 8 Bern E. *Lyudi, kotorye igrayut v igrы. Igrы, v kotorye igrayut lyudi [People who play games. Games People Play]. [Tekst]*// E.Bern. Moskva: Eksmo, 2018. 576 s. (In Russian)
- 9 Ulker, Ü., Acar, S., & Bulbul, H.I. (2017). *Views of graduate students on the use of educational digital games for educational purposes. 11th International Computer and Instructional Technologies Symposium (ICITS2017). Malatya, Turkey.* Retrieved from <https://avesis.gazi.edu.tr/yayin/2ac77e19-76c7-4db7-b1e5-bfde7e743522/lisansustu-ogrencilerin-egitsel-dijital-oyunlarin-egitim-amacli-kullanilmasina-yonelik-gorusleri>
- 10 Mertens, D.M. (2019). *Research and evaluation in education and psychology: Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods.* Sage Publications. Retrieved from. [https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=VEkXBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&ots=4-fBHa8cte&sig=aYe2OXouc-LOeE3w6LeLWMxmuWI&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=VEkXBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&ots=4-fBHa8cte&sig=aYe2OXouc-LOeE3w6LeLWMxmuWI&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

## A MODEL FOR DIAGNOSING THE FORMATION OF TEACHER READINESS IN PRIMARY SCHOOL

*Sarbassova K.K.1\*, Pak N.I.2*

<sup>1</sup>*S. Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan*

<sup>2</sup>*Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk, Russia*

*\*e-mail: kaldykiz@mail.ru*

### *Abstract*

The issues of preparing future teachers for working in primary schools in the context of digital transformation in education cannot be addressed without an adequate model for diagnosing this readiness. Therefore, there is an interest in creating a technologically advanced and user-friendly diagnostic method for assessing the readiness of primary school teachers using automated and intelligent tools. The aim of this study is to justify a model for diagnosing the readiness of future teachers to work in primary schools based on the question-criteria approach. The pyramid method (Barbara Minto) is convenient for constructing the substantive elements of the criteria model, as it allows for the selection of necessary diagnostic components and criteria based on a question tree. To develop the model for diagnosing teachers' readiness to foster digital literacy in children, a question tree with three main directions was created. Thus, the proposed method enables the assessment of teachers' readiness level to develop digital literacy in primary school students.

**Keywords:** digital literacy, primary school teacher readiness, digital literacy diagnostic model, criteria tree.

### *Аңдатпа*

*К.К. Сарбасова<sup>1</sup>, Н.И. Пак<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен қ., Қазақстан*

<sup>2</sup>*Астафьев атындағы Красноярск мемлекеттік педагогикалық университеті, Красноярск қ., Ресей*

## **БАСТАУЫШ МЕКТЕПТЕ МҰҒАЛІМНІҢ ДАЙЫНДЫҒЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫ ДИАГНОСТИКАЛАУ МОДЕЛІ**

Білім берудің цифрлық трансформациясы жағдайында болашақ мұғалімнің бастауыш мектепте жұмыс істеуге дайындығын қалыптастыру мәселелерін осы дайындықты диагностикалаудың лайықты моделінсіз шешу мүмкін емес. Негізінен мұғалімнің кәсіби дайындығын бағалау бойынша іс-шаралар сараптамалық, тәжірибеде іске асыру қиын тәсілдермен жүргізіледі. Осыған байланысты автоматтандырылған және интеллектуалды құралдарды қолдана отырып, бастауыш сынып мұғалімінің дайындығын диагностикалаудың технологиялық және ыңғайлы әдісін құру қызығушылық тудырады. Жұмыстың мақсаты – критериялды-сұрақ әдісі негізінде болашақ мұғалімнің бастауыш мектепте жұмыс істеуге дайындығын диагностикалау моделін негіздеу. Дайындықтың критериялды моделінің мазмұнды элементтерін құру үшін пирамида әдісін (Барбара Минто) қолдану ыңғайлы, бұл сұрақ ағашының негізінде қажетті диагноз қойылған компоненттер мен критерийлерді таңдауға мүмкіндік береді. Мұғалімнің цифрлық сауаттылықты қалыптастыруға дайындығын диагностикалау моделін қалыптастыру үшін үш негізгі бағыты бар сұрақ ағашы жасалды. Осылайша, ұсынылған әдіс мұғалімнің бастауыш сынып оқушыларының цифрлық сауаттылығын қалыптастыруға дайындық деңгейін бағалауға мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** цифрлық сауаттылық, бастауыш сынып мұғалімінің дайындығы, цифрлық сауаттылық диагностикасының моделі, критерийлер ағашы.

### *Аннотация*

*К.К. Сарбасова<sup>1</sup>, Н.И. Пак<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Восточно-Казахстанский университет им. С.Аманжолова, г. Усть-Каменогорск, Казахстан*

<sup>2</sup>*Красноярский ГПУ имени В.П. Астафьева, г. Красноярск, Россия*

## **МОДЕЛЬ ДИАГНОСТИКИ ФОРМИРОВАНИЯ ГОТОВНОСТИ УЧИТЕЛЯ НАЧАЛЬНОЙ ШКОЛЫ**

Вопросы формирования готовности будущего учителя к работе в начальной школе в условиях цифровой трансформации образования не могут быть решены без адекватной модели диагностики этой готовности. В основном мероприятия по оценке профессиональной готовности учителя проводятся экспертными, труднореализуемыми на практике способами. В этой связи представляет интерес создание технологичного и удобного метода диагностики готовности учителя начальной школы с использованием автоматизированных и интеллектуальных средств. Цель работы – обоснование модели диагностики готовности будущего учителя к работе в начальной школе на основе вопросно-критериального способа. Для построения содержательных

элементов критериальной модели готовности удобно использовать метод пирамиды (Барбары Минто), позволяющей на основе вопросного дерева отбирать необходимые диагностируемые компоненты и критерии.

Для формирования модели диагностики готовности учителя к формированию цифровой грамотности у детей было разработано вопросное дерево с тремя основными направлениями. Таким образом, предложенный метод позволяет оценивать уровень готовности учителя к формированию цифровой грамотности учеников начальной школы.

**Ключевые слова:** цифровая грамотность, готовность учителя начальной школы, модель диагностики цифровой грамотности, дерево критериев.

## **Introduction**

Currently, the key task of education is the formation of computer literacy of students, which provides a person with the successful use of a computer in future professional activities and a full life in the information society.

The formation of computer literacy of trainees is a complex, multifaceted process that requires consideration of various factors. It is obvious that the formation of computer literacy should begin with the initial stage of primary school. This is evidenced by a large number of studies [1, 2]. The need for purposeful formation of computer literacy of elementary school students determines the scientific and methodological problem of substantiating the necessary and sufficient pedagogical conditions and creating scientific and didactic support for this process.

The main role in solving this problem undoubtedly belongs to the primary school teacher. The issues of formation of the future teacher's readiness to work in primary school in the conditions of digital transformation of education cannot be solved without an adequate model for diagnosing this readiness. Unfortunately, such models are unsystematic and subjective in nature. Basically, measures to assess the teacher's professional readiness are carried out in expert, difficult-to-implement ways in practice. In this regard, it is of interest to create a technological and convenient method for diagnosing the readiness of primary school teachers to form digital literacy of students [3, 4].

The purpose of the work is to substantiate and develop a model for diagnosing the readiness of a future teacher to work in primary school on the formation of digital literacy of students based on a criterion tree.

To implement programs within the framework of the updated content of education, it is not enough to provide teachers with knowledge, skills and contribute to changing their opinions, for this purpose a special unified system should be formed in educational institutions.

We must look for answers to these questions: "How do teachers prepare students for the 21st century?" and "How to lead students to success in the XXI century?". To do this, we need to be supported by information about "how to teach students?".

The concept of literacy is closely related to the teaching of students at the level of primary general education. The concept of literacy both in our country and abroad has developed in accordance with the needs of the time, expanding with the growing demands of society for the development of an individual – from the simplest skills, such as reading, writing, counting, to the possession of a minimum of socially necessary knowledge and skills (functional literacy). With the development of the concept, terms derived from it began to appear, including "digital literacy".

Being literate in the modern world means having skills that include fairly detailed tasks, such as copying and pasting digital content, and more complex work, such as critical analysis and synthesis of information accessed through various texts. Digital literacy considers the full range of skills needed for reading, writing, speaking, viewing and participating in online spaces. All these practices require media literacy, which includes the ability to access, analyze, evaluate, create and participate with the media in all its forms. So, if the practice of reading books and communicating is needed to improve language literacy, then the practice of using gadgets, computers, as well as the capabilities of the digital environment is needed to develop digital literacy [5].

The main advantage of digital literacy, according to the author, is that it contributes to successful learning. It is easier and faster for students with digital literacy to access the necessary data compared to those who use only traditional paper media.

During the coronavirus pandemic, the situation that arose forced teachers to really start developing digital competencies, mastering digital literacy. Online learning has created conditions for the continuity of the educational process. At that time, it was difficult to assess the role of digitalization, for example, when Internet access was restricted to residents due to mass riots in the country, it was like a drag. Most people were at home without access to information. We couldn't do anything: we couldn't work, pay for services, buy groceries, etc. We were addicted to the Internet.

Digitalization has certainly simplified and improved life, but it was only at this moment that we truly realized how globally it is integrated into our lives, and there will be no other way, technology and digitalization will only increase their potential.

The basis of the digital culture of the individual is digital literacy and it is necessary to form it with the beginning of systematic education at school. Let's look at the definition of the concept and the meaning of its formation in primary school age. Various concepts defining digital literacy and related constructions are presented in the literature [for example, information literacy, Internet and communication technology (ICT) literacy, multimedia literacy, 21st century skills] (Alexander, The Disciplined Reading, & Learning Research, 2012; Bawden, 2008; Spante, 2018; Stordy, 2015, et al.), combining various definitions, suggests that digital literacy arises at the intersection of technical, cognitive and socio-emotional competencies of students. The technical aspect of digital literacy includes “the technical and operational skills of students in the use of ICT for learning and in everyday activities.” The cognitive aspect includes the skills students need to find, evaluate and create digital information, as well as the ability of students to critically analyze this information [6, 7]. Finally, the socio-emotional aspect of digital literacy requires that students can use ICT for responsible communication, collaboration and other social learning-related purposes (Alexander, 2012; Bawden et al., 2008; Spante et al., 2018; Stordi, 2015).

According to the Order of the Minister of Education and Science of the Republic of Kazakhstan dated November 27, 2020 No. 496, the subject “Information and Communication Technologies” was changed to “Digital literacy” for grades 1-4 in accordance with the updated content (Standard Program, 2021).

The purpose of studying the subject “Digital Literacy” is to provide students with basic knowledge, skills and abilities in computer design, presentation and processing of information, working on the Internet, computational thinking, robotics for the effective use of modern information technologies in practice. The amount of study load: in the 1st grade is 0.5 hours per week (17 hours), from grades 2-4 1 hour per week (34 hours) during the school year [8].

The basic content of the subject “Digital literacy” includes 4 sections: “Computer”, “Working on the Internet”, “Computational thinking”, “Robotics”. An analysis of the standard curriculum for the academic subject “Information and Communication Technologies” for grades 1-4 of primary education in accordance with the updated content showed that there are no changes in the content, only the name of the subject has changed (Standard Program, 2021) [9].

Previously, the subject “Information and Communication technologies” was taught by a teacher with a bachelor's degree in the specialty “Computer Science Teacher”, who has a secondary professional (computer science teacher in elementary school) or higher education. However, in Kazakhstan, more than 56% of schools are small, which lack staff with special education, respectively, this discipline is taught by a primary school teacher. Within the framework of educational programs, the future teacher, of course, is trained in mastering information technology (a mandatory component of 5 credits). However, it is necessary to clearly distinguish the concepts: to have basic digital literacy and to know the methodology of teaching it to younger schoolchildren.

### **Methodology**

The rapid development of scientific, technical and socio-economic spheres of society determines the informatization of education, which is aimed at introducing information tools, technologies, electronic educational resources and network services into educational institutions. This consists in the introduction of an information and educational environment as a place to place educational materials. A large number of studies in the field of didactics and methods of using information and communication technologies in teaching consider the issues of informatization of education and the introduction of computer technologies into the educational process. At the same time, the emphasis is on the possible didactic potential of information and communication tools, and not on the needs of the development of the entire educational process as a whole. Based on the works of A.P. Ershov, A.V. Kuznetsov, I.V. Roberta, by the informatization of the educational process in primary school, we mean the introduction of information tools and products into educational institutions, as well as pedagogical technologies based on these tools. This leads to the active introduction of the information and educational environment (hereinafter referred to as IOS) into the field of primary general education as a system of resources and tools designed to transmit educational and organizational information. The use of IOS fully assumes that teachers have a certain readiness for activity, which consists in solving professional tasks of readiness for the formation of digital literacy of students in primary schools [10].



Before determining the conditions for ensuring the process of preparing future primary school teachers for the readiness to form digital literacy of students in primary school, it became necessary to diagnose the readiness of students for this activity.

The formation of computer literacy of younger schoolchildren depends on their psychological and age characteristics. Activation of cognitive activity of students should not only ensure the successful assimilation of educational material, but also contribute to the mental development of the child.

In our study, we define the following measures of readiness of primary school teachers: the level of the cognitive component (CC); the level of the activity component (AC); the level of the professional component (PC).

To determine the elements of the structure of the levels of readiness of primary school teachers, we will use the method of the pyramid of B. Minto. As a result, we get a hierarchical tree of questions, leading us to the description of criteria and diagnostic methods (Fig. 1.) [11].

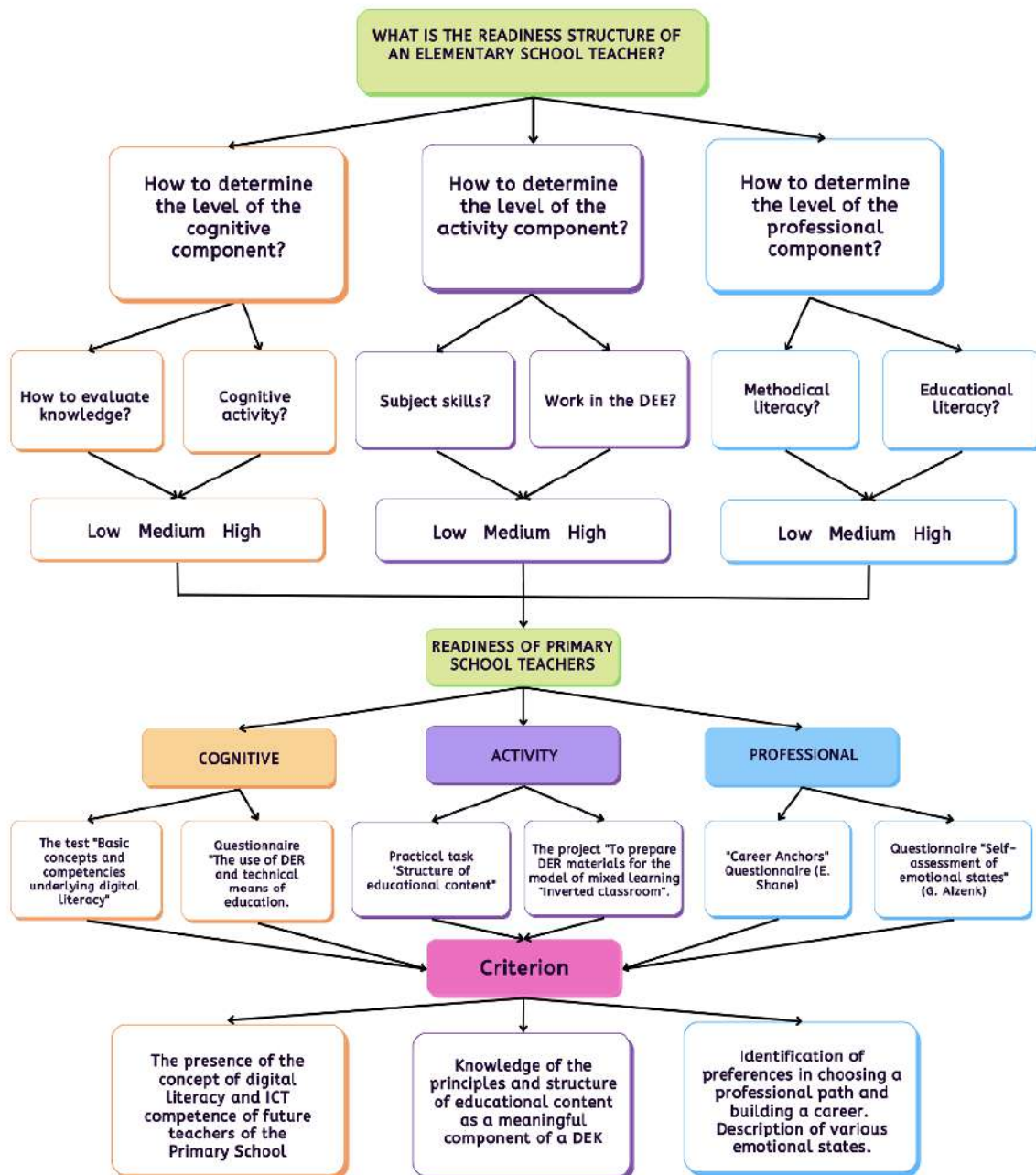


Figure 1. Primary School teacher readiness model

Each meter has its own sublevels, which are determined depending on the number of correctly completed test tasks. When performing the full number of test tasks / questions (100%), indicator 3 is determined; 80% – indicator 2; 60-80% – indicator 1 (Table 1).

Table 1 - The ratio of meter indicators to the level of readiness components

№	Component			Levels	Description of levels
	AC	PC	CC		
1	1	1	1	LOW	Knowledge about the concept of digital literacy and ICT competence is characterized by the level of conscious perception and memory. Skills are not characterized by independence in solving typical pedagogical tasks in a computer-based learning environment. Indicator: 60-80%
2	1	2	1		
3	1	3	1		
4	2	1	1		
5	2	2	1		
6	2	3	1		
7	3	1	1		
8	3	2	1		
9	1	1	2		
10	1	2	2	MEDIUM	Knowledge about the concept of digital literacy and ICT competence is deep, not systematized, not generalized and value-unconscious. Skills are characterized by independence in solving typical pedagogical tasks in a computer learning environment. Possession of critical thinking skills in order to obtain, evaluate and use information based on ICT and present it in a new form to solve tasks in a computer learning environment. Indicator: 80%
11	2	1	2		
12	3	3	1		
13	1	1	3		
14	1	2	3		
15	1	3	2		
16	1	3	3		
17	2	2	2		
18	2	3	2		
19	2	1	3		
20	3	1	2		
21	3	1	3		
22	3	2	2	HIGH	Knowledge about the concept of digital literacy and ICT competence is deeply systematized conscious value. Skills are characterized by creative solution of pedagogical tasks in a computer learning environment. The desire and desire for continuous self-education, self-improvement and regular professional development in the field of digital literacy. Indicator: 100%
23	3	3	2		
24	2	2	3		
25	2	3	3		
26	3	2	3		
27	3	3	3		

Let's reflect on the numerical line the numbered ranges of the readiness component levels, which we determine by the identified indicators, considering the dominant aspects: range 1-9 refers to the low level of readiness components, range 10-21 determines the average level of readiness components, numerical range 22-27 is an indicator of the high quality of the readiness component of an elementary school teacher (Fig 2).

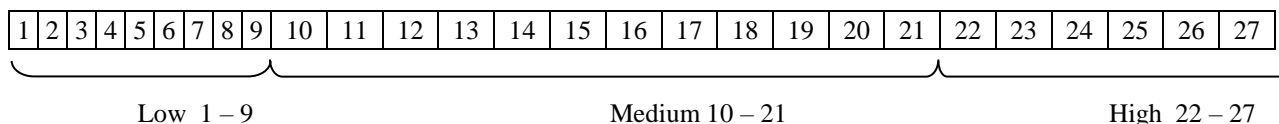


Figure 2. Numerical line of the number indicator of the readiness component

In Table 2, we present the ratio of the number indicator with the essence of the thesaurus (a) of a specialist in the field of digital literacy in terms of indicators of its meters: the upper index is the CC indicator, the lower is the AC and PC indicator.

Table 2 - Numerical Indicators and Thesaurus Alignment with Measurement Criteria for a Specialist

Low level Readiness components	Average level Readiness components	High level Readiness components
1-a <sup>1</sup> <sub>1,1</sub>	10-a <sup>2</sup> <sub>1,2</sub>	22-a <sup>2</sup> <sub>3,2</sub>
2-a <sup>1</sup> <sub>1,2</sub>	11-a <sup>2</sup> <sub>2,1</sub>	23-a <sup>2</sup> <sub>3,3</sub>
3-a <sup>1</sup> <sub>1,3</sub>	12-a <sup>1</sup> <sub>3,3</sub>	24-a <sup>3</sup> <sub>2,2</sub>
4-a <sup>1</sup> <sub>2,1</sub>	13-a <sup>3</sup> <sub>1,1</sub>	25-a <sup>3</sup> <sub>2,3</sub>
5-a <sup>1</sup> <sub>2,2</sub>	14-a <sup>3</sup> <sub>1,2</sub>	26-a <sup>3</sup> <sub>3,2</sub>
6-a <sup>1</sup> <sub>2,3</sub>	15-a <sup>2</sup> <sub>1,3</sub>	27-a <sup>3</sup> <sub>3,3</sub>
7-a <sup>1</sup> <sub>3,1</sub>	16-a <sup>3</sup> <sub>1,3</sub>	
8-a <sup>1</sup> <sub>3,2</sub>	17-a <sup>2</sup> <sub>2,2</sub>	
9-a <sup>2</sup> <sub>1,1</sub>	18-a <sup>2</sup> <sub>2,3</sub>	
	19-a <sup>3</sup> <sub>2,1</sub>	
	20-a <sup>2</sup> <sub>3,1</sub>	
	21-a <sup>3</sup> <sub>3,1</sub>	

For example, a<sup>2</sup><sub>1,3</sub> – high index (CC = 2) with insufficient thesaurus volume (DC = 1) and average depth of thesaurus links (PC = 3). The number in the three-dimensional matrix is 15, therefore, defined by **average level of readiness components** with existing deficits in the knowledge component.

The developed diagnostic model of teacher readiness can be represented as a three-dimensional matrix of 27 numbered elements (sectors in the form of a cube) (Fig. 3a, b).

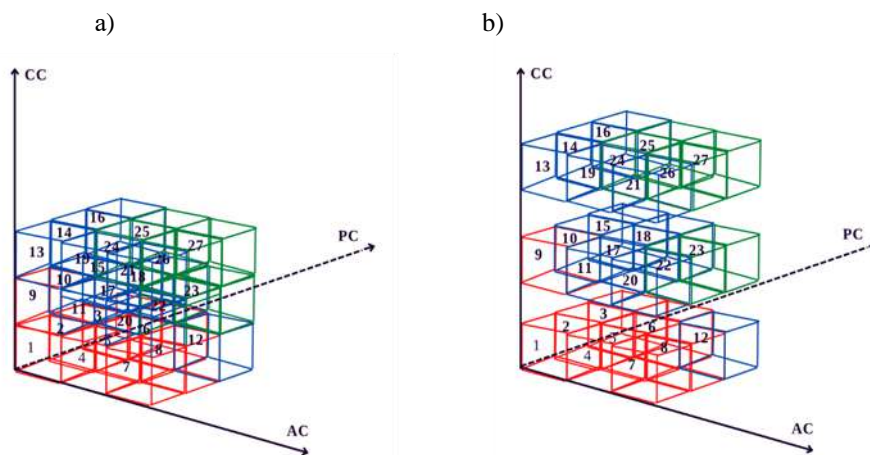


Figure 3 (a) – a cube in its entirety;

Figure 3 (b) - a cube in section three-dimensional model readiness diagnostics

The presented model has a color semantic content, which contributes to the visualization of the results: green sector – high level of readiness components; blue – medium level; red sector – low. Moreover, it should be noted that the colors are distributed according to the quality of the readiness components and have a distributed appearance.

## Results

In order to implement the constructed criterion model for diagnosing the readiness of primary school teachers for the formation of students' digital literacy, it was necessary to create diagnostic tools. It includes questionnaires, tests, practical tasks, projects and questionnaires.

The cognitive component of readiness is measured using the questionnaire "The use of DEE and technical means of education" and the test "Basic concepts and competencies underlying digital literacy".

When implementing the questionnaire method, author's developments were used, the reliability of the results of which was ensured by special indirect questions included in the questionnaire and by comparing these results with observation data, generalization of independent characteristics, etc. The test method was used to identify knowledge directly related to the basic concepts of electronic, distance and blended learning, since educational content is one of the ways of transmitting educational information within these types of

training. Basically, this method was used to determine the level of formation of the cognitive component of the activity component and the professional component, since they are indicators of the potential of students that they can be used for the readiness of digital literacy formations.

The activity component can be evaluated on the basis of completed practical tasks "Structure of educational content" and project work. An example of such tasks may be as follows:

Usually educational content consists of the following components:

1. Goals and objectives: specifying what the learner should aim to achieve
2. Theoretical material: basic concepts, theory, justification, laws, facts that are necessary for understanding the subject.
3. Practical tasks: random tasks and applications that apply theoretical material in practice.
4. Interactive elements: opportunities for students to interact with content, for example, tests, quizzes, simulators, etc.
5. Multimedia: inclusion of various elements in educational content, such as video tutorials, audio materials, graphic images, etc.
6. Self-assessment: an opportunity for students to assess their progress and progress in learning, for example, through testing or evaluation of their work.
7. Resources: a list of resources and additional literature that can be used for additional study of the subject.
8. Assessment: a procedure for assessing students' knowledge, which can be carried out using various formats, for example, tests, essays, projects, etc.

In general, the structure of educational content should be organized in such a way as to help students achieve their educational goals and maximize their learning potential.

As a project work, the topics "To prepare materials for the mixed learning model "Inverted classroom" are proposed.

The material for the analysis of the products of activity served as practical tasks that allow you to track the level of readiness for the design of educational content.

The testing of the constructed model was carried out within the framework of future teachers (students) of computer science (2022-2023 academic years) in the "NAO EKV named after S.Amanzholov" at the Department of Computer Modeling and Information Technology. The total number of students is 83 people. Results of the diagnosis of the readiness formation of future elementary school teachers:

Entrance control:

- Percentage of students in the low-level range of readiness components: 23 out of 83 (27.7%);
- Percentage of students in the medium-level range of readiness components: 52 out of 83 (62.7%);
- Percentage of students in the high-level range of readiness components: 8 out of 83 (9.6%).

Final control:

- Percentage of students in the low-level range of readiness components: 6 out of 83 (7.2%);
- Percentage of students in the medium-level range of readiness components: 59 out of 83 (71.1%);
- Percentage of students in the high-level range of readiness components: 18 out of 83 (21.7%).

From the presented results, it is evident that the entrance control showed that the majority of students are in the medium-level range of readiness components, while only a small percentage of students reached the low and high-levels.

In the final control, progress is observed as the percentage of students in the high-level range of readiness components increased, and the percentage of students in the low-level range decreased. The majority of students still fall within the medium-level range of readiness components, but their number has also increased.

These results indicate that students overall demonstrated progress and reached medium and high-levels of readiness, but there are still some deficiencies in knowledge and skills that require further improvement and education.

The overall diagnosis of the readiness of elementary school teachers allows for an assessment of the current level of student readiness and identifies areas where additional training and support are needed to achieve higher levels of readiness components.

A number of studies focus on developing models and methods for diagnosing teachers' readiness to foster digital literacy in primary school students. They propose various criteria and tools to assess teachers' competencies and readiness levels in the field of digital literacy. Some studies pay attention to specific components of teachers' readiness, such as cognitive, pedagogical, and technological aspects.

Other studies concentrate on examining the effectiveness of different educational approaches and programs for developing digital literacy in teachers and students at the primary school level. They analyze which methods and strategies enable more effective development of students' digital literacy and the role that teachers play in this process.

Thus, the overall research efforts in the field of teacher readiness and students' digital literacy in primary school are active and multifaceted.

Research on teachers' readiness to foster digital literacy in primary school offers a wide range of perspectives and opportunities for further investigation. Some of these perspectives include:

Expansion of the research scope: Further research can involve a broader range of teachers and different learning contexts. Studies can be conducted not only in primary school but also in other educational levels to understand how teachers' readiness to foster digital literacy varies across different educational environments.

Development and adaptation of tools and methodologies: Research can be directed towards developing and adapting more precise and reliable tools and diagnostic methodologies for assessing teachers' readiness. This will help in accurately evaluating teachers' competencies and needs in the field of digital literacy.

Examination of the effectiveness of educational approaches: Research can be conducted to assess the effectiveness of different educational approaches, programs, and interventions for developing teachers' readiness to foster students' digital literacy. This will help determine the most effective methods and strategies for achieving desired outcomes.

Investigation of the link between teachers' readiness and students' achievements: Research can explore the relationship between teachers' readiness to foster digital literacy and students' academic achievements. This will evaluate the extent to which effective development of teachers' digital literacy impacts student learning and achievements.

Study of factors influencing teachers' readiness: Various factors such as professional preparation, work experience, attitudes towards technology, and others can be studied to understand their influence on teachers' readiness to foster digital literacy. This will provide a better understanding of the factors that need to be considered in developing teacher readiness enhancement programs.

Overall, the prospects for research in the field of teachers' readiness to foster students' digital literacy in primary school are extensive. Further research will contribute to improving educational practices and policies and facilitate effective development of students' digital literacy.

## **Conclusion**

The criterion model proposed in the paper makes it possible to assess the level of readiness of a teacher for the formation of primary school students' DL. To construct the meaningful elements of the readiness model, the pyramid method (Barbara Minto) was used, which made it possible to select the necessary diagnostic components and criteria based on the question tree. The question tree contains three main directions (cognitive, activity, professional). Criteria were formulated for each question of the tree and their indicators were determined, represented as an information vector  $(x_1, \dots, x_n)$ . Suitable test and evaluation materials were selected to calculate the values of these indicators. By scaling the integral values of information vectors for each subject, you can enter a scale for assessing its level of readiness. Diagnostic sheets have been created to collect data, which are filled out based on the results of tests, questionnaires and project work of future teachers. A three-dimensional level scale based on the integral values of information vectors allows you to determine the degree of desired readiness of each student. The color coloring of the diagnostic "three-dimensional cube" allows you to visualize the level of readiness of the teacher for the formation of the CG of elementary school students.

Thus, the paper proposes and substantiates a new method for diagnosing the level of readiness of an elementary school teacher for the formation of students' digital literacy.

## *References:*

- 1 *Абрамова, И.В. Необходимость введения основ компьютерной грамотности в начальной школе и в дошкольном образовательном учреждении / И.В. Абрамова // Символ науки. – 2018. – №1. – С. 10-13.,*
- 2 *Зотова, И.А. Формирование компьютерной грамотности младших школьников на уроках технологии в рамках реализации ФГОС НОО / И.А. Зотова // Вестник Бурятского государственного университета. Образование. Личность. Общество. – 2018. – №3. – С. 10-14.,*
- 3 *Кизелев, П.А. Компьютерная грамотность / П.А. Кизелев // Эпоха науки. – 2017. – №9. – С. 153-158.,*

- 4 Мазаева, Ю.А. Содержание понятия «компьютерная грамотность» в научной литературе / Ю.А. Мазаева, О.К. Агавелян // Мир науки, культуры, образования. – 2012. – №4. – С. 198-200
- 5 Bawden D. Et al. Origins and concepts of digital literacy // Digital literacies: Concepts, policies and practices. – 2008. – Т. 30. – №. 2008. – С. 17-32.
- 6 Bekker T. Et al. Teaching children digital literacy through design-based learning with digital toolkits in schools // International Journal of Child-Computer Interaction. – 2015. – Т. 5. – С. 29-38.
- 7 Spante M. Et al. Digital competence and digital literacy in higher education research: Systematic review of concept use // Cogent Education. – 2018. – Т. 5. – №. 1. – С. 1519143.
- 8 Приказ Министерства образования и науки Республики Казахстан от 27 ноября 2020 года №496. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2000021688> (Дата обращения 12 декабря 2021 года)
- 9 Типовая учебная программа по учебному предмету «Информационно-коммуникационные технологии» для 1-4 классов уровня начального образования по обновленному содержанию (Дата обращения 13 ноября 2021 года)
- 10 Syzdykbayeva A., Baikulova A., Kerimbayeva R. Introduction of Artificial Intelligence as the Basis of Modern Online Education on the Example of Higher Education // 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST). – IEEE, 2021. – С. 1-8.
- 11 Barbara Minto(1981). The Minto Pyramid Principle: Logic in Writing, Thinking and Problem Solving.

References:

- 1 Abramova, I.V.(2018). Neobhodimost' vvedeniija osnov komp'juternoj gramotnosti v nachal'noj shkole i v doshkol'nom obrazovatel'nom uchrezhdenii [The need to introduce the basics of computer literacy in primary school and in preschool educational institutions] №1. – S. 10-13., (In Russian)
- 2 Zotova, I.A. (2018). Formirovanie komp'juternoj gramotnosti mladshih shkol'nikov na urokah tehnologii v ramkah realizacii FGOS NOO [Formation of computer literacy of younger schoolchildren in technology lessons within the framework of the implementation of the Federal State Educational Standard / Bulletin of the Buryat State University. Education. Personality. Society.] Vestnik Burjatskogo gosudarstvennogo universiteta. Obrazovanie. Lichnost'. Obshhestvo. №3. – S. 10-14., (In Russian)
- 3 Kizelev, P.A. (2017). Komp'juternaja gramotnost' [Computer literacy / The era of science.] Jepoha nauki. №9. – S. 153-158., (In Russian).
- 4 Mazaeva, Ju.A. (2012). Soderzhanie ponjatija «komp'juternaja gramotnost'» v nauchnoj literature [The content of the concept of "computer literacy" in scientific literature / The world of science, culture, education.] Mir nauki, kul'tury, obrazovaniija. №4. – S. 198-200, (In Russian)
- 5 Bawden D. Et al. Origins and concepts of digital literacy // Digital literacies: Concepts, policies and practices. – 2008. – Т. 30. – №. 2008. – С. 17-32.
- 6 Bekker T. Et al. Teaching children digital literacy through design-based learning with digital toolkits in schools // International Journal of Child-Computer Interaction. – 2015. – Т. 5. – С. 29-38.
- 7 Spante M. Et al. Digital competence and digital literacy in higher education research: Systematic review of concept use // Cogent Education. – 2018. – Т. 5. – №. 1. – С. 1519143.
- 8 Prikaz Ministra obrazovaniia i nauki Respubliki Kazahstan (Order of the Minister of Education and Science of the Republic of Kazakhstan) ot 27 noiabria 2020 goda №496. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2000021688>. [Data obrašeniia 12 dekabria 2021 goda] (In Russian)
- 9 Tipovaiia uchebnaia programma po uchebnomu predmetu «Informatsionnokommunikatsionnye tehnologii» dlia 1-4 klassov urovnia nachalnogo obrazovaniia po obnovlennomu sodержaniyu (A standard curriculum on the subject "Information and communication technologies" for grades 1-4 of primary education according to the updated content) [Data obrašeniia 13 noiabrä 2021 goda] (In Russian)
- 10 Syzdykbayeva A., Baikulova A., Kerimbayeva R. Introduction of Artificial Intelligence as the Basis of Modern Online Education on the Example of Higher Education // 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST). – IEEE, 2021. – С. 1-8.
- 12 Barbara Minto(1981). The Minto Pyramid Principle: Logic in Writing, Thinking and Problem Solving.

А.Б. Тоқтарова<sup>1\*</sup>, Ж.Ж. Ажибекова<sup>2</sup>, Г.Н. Казбекова<sup>1</sup>, Ф.Е. Темірбекова<sup>3</sup>, С. Е. Алдешов<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық Қазақ -Түрік Университеті, Түркістан қ., Қазақстан

<sup>2</sup>С. Ж. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университет, Алматы қ., Қазақстан

<sup>3</sup>М.Ауезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан

<sup>4</sup>Оңтүстік Қазақстан Мемлекеттік Университеті, Шымкент қ., Қазақстан

\*e-mail: toktar.aigerim@list.ru

## ҚАЗАҚ ТІЛДІ БЕЙӘДЕП СӨЗДЕР КЛАССИФИКАЦИЯСЫ ЖӘНЕ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСІН ОЛАРДЫ АНЫҚТАУҒА БЕЙІМДЕУ

### Аңдатпа

Бұл мақалада «ғадауат» сөзінің мағынасы және оның зерттелу аймақтары қарастырылған. Сонымен қатар, қолдану және кездесу аймақтарына байланысты олардың жіктелуі көрсетілген. Яғни, ғадауат сөздер құрамына дискриминация (адам құқығын шамадан тыс бейәдеп сөздер арқылы шектеу), қорлау тілі (жағымсыз сөздер арқылы кемсіту, қорлық көрсету), кибербуллинг (интернет желісінде адамды қорлау немесе қудалау), экстремизм (саяси және діни бағыттағы шектен шыққан жағымсыз пікірмен бөлісу) және радикализм (өмір сүріп отырған саяси ортаны сөзбен сынға алу) кіретіндігі анықталып, қазақ қоғамындағы дискриминация олардың қолданылу аймақтары мен кездесу жолдары баяндалған. Мақалада онлайн контенттегі ғадауат сөздер түрлері мен адамға тигізетін әсері туралы баяндалған. Зерттеу нәтижесінде онлайн контенттен пікірлерді жинақтаушы көмегімен «Youtube» және жаңалықтар сайттарынан мәтіндік деректер жинақталған, мәтіндерді «ғадауат тілді» және «бейтарап» деп екі сыныпқа қолмен жіктеу жасалған. Сондай – ақ, модельді одан әрі оқыту үшін бейәдеп пікірлерден тұратын корпус құрылып, ғадауат тілді және бейтарап сипаттағы мәтіндердің, сөздік бұлттарды пайдалана отырып, корпусқа талдау жүргізілген.

**Түйін сөздер:** ғадауат сөздер, кибербуллинг, аккаунт, пікір, онлайн әлеуметтік желі, машиналық оқыту.

### Аннотация

А.Б. Тоқтарова<sup>1</sup>, Ж.Ж. Ажибекова<sup>2</sup>, Г.Н. Казбекова<sup>1</sup>, Ф.Е.Темірбекова<sup>3</sup>, С. Е.Алдешов<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Международный Казахско - Турецкий Университет им. Ходжа Ахмет Ясауи, г.Туркестан, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский Национальный медицинский университет имени С. Д. Асфендиярова, г.Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>Южно Казахстанский Университет имени М.Ауезова, г.Шымкент, Казахстан

<sup>4</sup>Южно-Казахстанский государственный педагогический университет, г.Шымкент, Казахстан

## КЛАССИФИКАЦИЯ НЕЦЕНЗУРНЫХ СЛОВ КАЗАХСКОГО ЯЗЫКА И АДАПТАЦИЯ МЕТОДА МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ К ИХ ОБНАРУЖЕНИЮ

В статье рассматривается значение языка ненависти и области его изучения. Кроме того, показана их классификация, в зависимости от области применения и назначения. То есть в состав языка ненависти входят дискриминация (ограничение прав человека чрезмерно небрежными словами), оскорбительный язык (дискриминация отрицательными словами, унижение), киберзапугивание (оскорбление или преследование человека в сети интернет), экстремизм (обмен чрезмерно негативными мнениями политической и религиозной направленности) и радикализм (словесное оскорбление и критика политической среды, в которой он живет). Были выявлены данные классификации, зоны их применения в казахском обществе и пути встреч. В статье рассказывается о типах слов языка ненависти в онлайн-контенте и о влиянии на человека. В результате исследования были собраны текстовые данные с «Youtube» и новостных сайтов с помощью сборщика мнений из онлайн-контента, а тексты были вручную классифицированы на два класса: «нецензурные речи» и «нейтральные». Также для дальнейшего обучения модели был создан корпус, состоящий из нецензурных комментариев, и проведен анализ корпуса с использованием словесных облаков оскорбительных и нейтральных текстов.

**Ключевые слова:** язык ненависти, кибербуллинг, аккаунт, комментарий, онлайн социальная сеть, машинное обучение.

Abstract

**CLASSIFICATION OF UNCENSORED WORDS OF THE KAZAKH LANGUAGE AND ADAPTATION OF THE MACHINE LEARNING METHOD FOR THEIR DETECTION**

Toktarova A.<sup>1</sup>, Azhibekova Zh.<sup>2</sup>, Kazbekova G.<sup>1</sup>, Temirbekova F.<sup>3</sup>, Aldeshov S.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh - Turkish University, Turkistan, Kazakhstan

<sup>2</sup>Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty, Kazakhstan

<sup>3</sup>South Kazakhstan University named after M.Auezov, Shymkent, Kazakhstan

<sup>4</sup>South Kazakhstan State Pedagogical University, Shymkent, Kazakhstan

This article shows the meaning of hate speech and its areas of study. In addition, their classification shown, depending on the scope and purpose. That is, hate speech includes discrimination (restriction of human rights with excessively sloppy words), offensive language (discrimination with negative words, humiliation), cyberbullying (insulting or harassing a person on the Internet), extremism (exchange of excessively negative opinions of a political and religious orientation) and radicalism (verbal abuse and criticism of the political environment in which he lives). Classification data, areas of their application in Kazakh society and ways of meeting identified. The article talks about the types of hate speech words in online content and the impact on a person. In the result of the study, text data collected from Youtube and news sites using an opinion collector from online content, and the texts were manually classified into two classes: "hate speech" and "neutral". Also, for further training of the model, a corpus consisting of obscene comments was created, and the corpus was analyzed using word clouds of offensive and neutral texts.

**Keywords:** hate speech, cyberbullying, account, comment, online social net, ML.

### Кіріспе

Жалпы алғанда «ғадауат» сөзінің мағынасына, қолданылу аймақтарына және зерттеушілердің берген анықтамаларына тоқталдық. Ғадауат тіліне әр тұлға өзінше әртүрлі анықтама береді. Сол себепті, ең алдымен «ғадауат» (өшпенділік) және «тіл» сөздерінің мазмұнын анықтап алу қажеттілігі туындап отыр.

Журналистика мектебінің оқытушысы Оразай Қыдырбаев: «ғадауат — қандай да бір ақпаратты қабылдау негізінде адам бойында көрінетін әлдекімге жеккөрініш, адамдарға жаны ашымаушылық, тіпті әлдекімге залал келтіруді қалау сезімі» -, деп көрсетеді.

Орталық Азия елдеріндегі бітімгершілік және медиатеchnологиялар мектебінің директоры, медиасарапшы ретінде танылған Инга Сикорскаяның пайымдауынша: «Ғадауат тілі дегеніміз — медиада немесе онлайн контентте қандай да бір нәсіл, этникалық, гендерлік, діни, әлеуметтік немесе саяси топ өкілі үшін жағымсыз, сонымен қатар оны қорлайтын визуалды контент немесе жағымсыз баға берілген кез келген сөз формасы, өшпенділік риторикасы» -, деп тұжырымдайды.

Сонымен қатар, «ғадауат» сөзі күнделікті қолданыста көп кездеспегендіктен, мағынасын, шығу түбін анықтауды жөн көрдік. Ә.Т.Қайдаровтың «арабша – қазақша түсіндірме сөздігінде», яғни қазақ тіліндегі араб сөздері сөздігінің II томында: «ғадауат - 1) дұшпандық, қастық, жаулық; 2) ынтымақсыз, қырғи – қабақтық, жек көрушілік.» деген анықтама берілген. Ал, «Ғадауат» сөзі <sup>арабша</sup>-ағылшынша сөздікте «a state of deep-seated ill-will» – тереңге бойлаған қиянатшылдық күйі, тікелей мағынасын берер болсақ, «анти-махаббат» деп түсінсек болады.

Ал, ағылшын тіліне «ғадауат сөзін» тікелей аударма жасасақ, «hate speech» деген сөз тіркесі шығады, «Cambridge Dictionary» сөздігінде "public speech that expresses hate or encourages violence towards a person or group based on something such as race, religion, sex, or sexual orientation" -деп, көрсетілген. Қазақ тіліне аударма жасайтын болсақ, нәсіліне, дініне, жынысына немесе жыныстық бағдарына негізделген тұлғаға немесе топқа қатысты өшпенділік білдіретін, зорлық-зомбылық жасауға шақыру.

### Онлайн контенттегі ғадауат сөздердің тигізетін әсері және түрлері

Интернеттегі әлеуметтік медиа біздің өмірімізге оң және теріс әсер ететін әлеуметтік өмірімізде өте маңызды рөл атқарады. Интернет желілері адамдарға бір-бірімен желіде сөйлесу платформаларын ұсынады, онда адамдар үйде отырып-ақ барлық жаңалықтардан хабардар болады. Адамдарға қызықты, көңілді және танымдық сәттерді көпшілік алдында бөлісу өте ыңғайлы. Дегенмен, жек көруді білдіретін немесе зорлық-зомбылықты қолдайтын, жеке адамдарға немесе ұйымдарға әртүрлі дәрежеде зиян келтіре отырып, көпшілік алдында өшпенділік көрсетіп сөйлеу жағдайлары көп. [1]

Желілік (виртуалды) байланыстың өз ерекшеліктері бар. Ерекшеліктерді коммуникацияның виртуалдылығы және оның анонимділігі, жалған атаумен желілік коммуникацияда өзін көрсету және бір уақытта бірнеше «лақап аттарды» қолдану деп түсінуге болады. Желілік (виртуалды)



коммуникацияда агрессивті коммуникациялық стратегиялар мен тактикалар, сонымен қатар ауызша агрессия құралдары өте кең қолданылады, нәтижесінде «hate speech» деп аталып жүр, яғни, қазақшалағанда «ғадауат сөздер».

Онлайн контенттегі ғадауат түсінігін және оның түбірін ескере отырып, Интернетте жиі кездесетін *холивар, троллинг, флуд және флейм* сияқты төрт агрессивті коммуникация тактикасын атап өткен жөн.

Холивар (ағылшынша Holy war – қасиетті соғыс) – шешімі жоқ мәселеге түбегейлі қарама-қайшы көзқарастағы адамдар арасындағы дау. Мысалы, қайсысы дәмдірек: шабдалы немесе шабдалы шырыны.

Троллинг - интернет-коммуникациядағы әлеуметтік арандатудың немесе қорлаудың бір түрі, оны өзін көбірек танытуға, жариялауға, шектен шығуға мүдделі атын жасырмайтын жеке қатысушылар да, сонымен, қатар анықтау мүмкіндігінсіз анонимді пайдаланушылар да пайдаланады.

Флуд (ағылшынша Flood – су тасқыны) – пайдаланушылар талқылау тақырыбына қатысы жоқ мазмұны бойынша мағынасыз хабарламалармен алмасатын Интернетте әңгіме жүргізу тәсілі. Әдетте, флуд форумдар мен чаттарда назар аудару немесе тролль үшін қолданылады. Мұндай хабарламаларды жіберетін пайдаланушылар флудерлер деп аталады.

Flame (ағылшын тілінен Flame – алау, от, жалын) «дауласу үшін аргумент», көп қолданушы желілік байланыс орындарында хабар алмасу (мысалы, интернет-форумдарда, чат бөлмелерінде, әлеуметтік желілерде және т.б.), бұл ауызша соғыс, көбінесе даудың бастапқы себебімен байланысы жоқ. [2]

Вербальды (сөз арқылы қарым - қатынас) агрессияны зерттеуші Ю.В. Щербинина, «жалпы мағынада «жек көрушілік» - бұл адамдарды агрессияға бейсаналық немесе айқын мағыналайтын сөздер мен өрнектер және оның іске қосу механизмі». Автор «ғадауат сөзінің» «басқа», әдеттен тыс, адамдардың белгілі бір әлеуметтік немесе мәдени қауымдастықтың басым стереотиптерінен ерекшеленетін барлық нәрсеге деген өшпенділік сезімін білдіруге қызмет ететініне ерекше назар аударады. «Ғадауат сөзінің» қолданылу аясы өте кең екенін атап өткен жөн: ол әртүрлі тәжірибелерде қолданылады – ресми, кәсіби, күнделікті өмірде де кездестіре аламыз. Саясаткерлердің сөзінде де, зейнеткерлердің әңгімесінде де, студенттердің, мектеп оқушыларының, ерлі-зайыптылардың әңгімесінде де байқай аламыз.

### **Зерттеу әдіснамасы. Ғадауат сөздер классификациясы.**

Онлайн медиа пайдалануды зерттеушілерінің пікірінше, «ғадауат сөзінің» пайда болуына және таралуына қоғамның экономикалық, әлеуметтік және саяси өміріндегі дағдарыс әсер етуі мүмкін. Бұл виртуалды кеңістікте, әлеуметтік желілерде, интернетте бірден көрінеді. Офлайн кеңістіктегі "жек көрушілік" тез желіге ауысады. Жүргізілген бақылау мен зерттеу нәтижелері интернет кеңістігінде «ғадауат сөздерінің» көбірек екенін растайды. Мысалы, Medianet халықаралық журналистика орталығы жүргізген «Қазақстандағы әлеуметтік желілердегі бейәдеп сөздерінің мониторингі» зерттеуіне сәйкес, Facebook желісінің қазақтілді сегментінде «қатаң» этникалық немесе діни кемсітушілік сөздерінің салыстырмалы түрде жоғары таралуы байқалады. [3]

Ғадауат пікірлерді өршітудің мақсаты – дискурсивті кеңістікті арттыру, белгілі бір топқа өшпенділік тудыру, қоғамда агрессивті көңіл-күй тудыруға ықпал ету. Арандатушылық, кемсітушілік, экстремистік сипаттағы жеке хабарламалардың белгілі бір сипаттағы бұқаралық коммуникативті әрекеттерге айналғанын байқауға болады.

Қазіргі таңда Media Marketing Index статикасы бойынша ұялы телефонмен Интернет қолданушылар статистикасы көрсетілген. 2021 жылға Қазақстанның 100 мыңнан астам халқы бар қалаларында тұратын 15 жастан асқан интернет пайдаланушылардың шамамен 60%-ы Интернетке кіру үшін тек мобильді құрылғыларды пайдаланады. 2020 жылмен салыстырғанда бұл көрсеткіш 7,3%-ға, ал 2018 жылмен салыстырғанда 30%-дан астамға өсті. Сонымен қатар, тек жұмыс үстелі интернетін пайдаланушылардың пайызы төмендеуде – соңғы 4 жылда олардың саны 4,9%-дан (2018 ж.) 1,1%-ға (2021) дейін азайды. 2021 жылға арналған Интернетке кіру үшін мобильді және жұмыс үстелі құрылғыларын ортақ пайдалану 37% жетеді [4].

2022 жылдың ақпан-сәуір айларын қоса алғанда, «Қолжетімділігі бойынша үздік 20 мобильді веб-сайт» рейтингінің бестігіне Google\* (осы холдингке қатысты барлық жобалар) – 77%, Яндекс\* (осыған қатысты барлық жобалар) сияқты ірі холдингтер кіреді. холдинг) - 56,4% және VK (Mail.Ru Group) \* (осы холдингке қатысты барлық жобалар, соның ішінде ВКонтакте, Одноклассники және MoiMir әлеуметтік желілері) - 54,6%; Сондай-ақ, бұл «Facebook» әлеуметтік желісі (63%) және «Wikipedia.org»

электронды энциклопедиясы (48%). Қазақстандық ресурстарға 1xbet.kz букмекерлік кеңсесі, жергілікті базарлар, электронды үкімет веб-сайттары және ірі жаңалықтар порталдары кіреді.

Сонымен қатар, әлеуметтік желілерді пайдалану деңгейі өскен сайын онлайн платформадағы әлімжеттік көрсету деңгейі де өсе бастағанын байқауымызға болады. Өкінішке қарай, Қазақстан желі қолданушыларынан кибербуллинг бойынша шағымдар статикасы жүргізілмеген. Дегенмен, 2022 жылы наурыз айында құрылған BalaQorgau оқушылар мен ата – аналарына көмек жобасына 600 ден астам өтінім келіп түскен, оның ішінде 100 – ге жуығы мектеп оқушыларына әлеуметтік желілерде кибербуллинг жасалған. Яғни, бала өз парақшасына жүктеген видеолар мен суреттер астына кемсіту пікірлері жазылғанын алға тартса, кейбір шағымдарда баланың фотосын фотошоппен жағымсыз етіп өңдеп, мазақ етіп әлеуметтік желілерге таратқан [5].

Сонымен, ғадауат сөздер құрамына *дискриминация қорлау тілі, кибербуллинг, экстремизм және радикализм* (өмір сүріп отырған саяси ортаны сөзбен сынға алу) кіретінін көруге болады.

Дискриминация - ( латын тіліне «*discriminatio*» - *оқшаулау, алалау* ) әлдебір белгілерге байланысты адамдарды бөле-жара қарау, алалау немесе оған негативті қарым-қатынас жасап, құқығынан айыру және *бостандығын шектеу*.

Қазақ қоғамындағы өзіне тән дискриминация бар деп айтуға болады, яғни, ру сұрасу. Ру сұраған адам өзіне ұнамайтын ру өкілін алшақтауға, кемсітуге қандай да бір шектеу көрсетуге тырысып жататын кездерін байқауға болады. Сонымен қатар, жерлес адамдардың басқа елді мекеннің адамдар қатыранан бөлініп шығу қасиеті бар екенін ескере кетуіміз қажет.

*Кибербуллинг* – (ағылшын тілінен аударғанда «*bullying*» - қысым көрсету, қорлау және қысым көрсету) әлеуметтік желі мессенджерлерін пайдалану арқылы сөзбен қорқыту және үркіту кей жағдайда қысым көрсетуге дейін бару. Кибербуллинг адамның жасын, ұлтын, нәсілін, әлеуметтік жағдайын таңдамайтындығы белгілі болып отыр. Мысалы, интернет желілерді біреуді қасақана ренжіту, қорлау немесе ызасын келтіру үшін пайдалану, бұл – кибербуллинг. Кейде, біреу туралы жағымсыз постқа лайк басу немесе ренішті постты жіберу, бұл да – кибербуллинг [6].

The Oxford Advanced Learner's Dictionary, Merriam-Webster Dictionary, Collins Dictionary сөздіктерін пайдалану арқылы кибербуллингке қандай сөздер топтамасы енетінін анықтадық:

1. *Тыйым салынған сөздер (табу) және ұятсыз тіл* (бір және бірнеше сөздер құрамынан тұрады) - жәбірленушінің әлеуметтік беделін түсіру, оның кемшілігін көрсету арқылы оны манипуляциялау мақсатында агрессия құралы ретінде қолданылады. Бұл сөздіктің құрамында анық түрде балағаттаушы сөздер кездеседі. Мысалы, м\*лғұн, т\*пас, б\*йбақ, м\*нғұрт және ж\*леп сияқты сөздер қатары.

2. *Адамның интимдік өміріндегі* сөздер – жәбірленушіні ренжіту, оны қаралау және қорлау үшін жиі қолданады. Көптеген тілдерде жыныстық органдардың атаулары мен жыныстық әрекеттердің түрлері тыйым салынған лексикаға жатады сондықтан, көбінесе адресаттың агрессивтілігін білдіру үшін қолданылады. қ\*тақжегіш, \*мжалақ, қ\*тақбас, с\*гіп \*лтіру сияқты сөздер тізбегі.

3. *Жыныстық ориентацияға және сексизмге қатысты ұғымдарға сілтеме жасайтын сөздер* - көбінесе «құрбандарға» гей, лесбиян, транс, педофил/педо, сексистік сөздерді қолдана отырып, олардың дәстүрлі емес сексуалдық бағдары айтылады.

4. *Зұлымдық пен өлім тілеу* – мұндай лексикалық сөз тіректерінің қолданылуы буллардың жәбірленушіні жақтырмауынан, тіпті жәбірленушіні жек көруінен туындайды. Мысалы, \*сылып өліп қал, т\*нысын бітіп қалсын, \*лгенің артық, \*лсейші, \*ліп қалшы, сені жер қалай көтереді және т.б. сияқты лексикалық тіркестерінің қолданылуы буллардың жәбірленушіден өзінің артықшылығын атап көрсеткісі келетінін, ұлылығын дәлелдегісі келетінін көрсетеді;

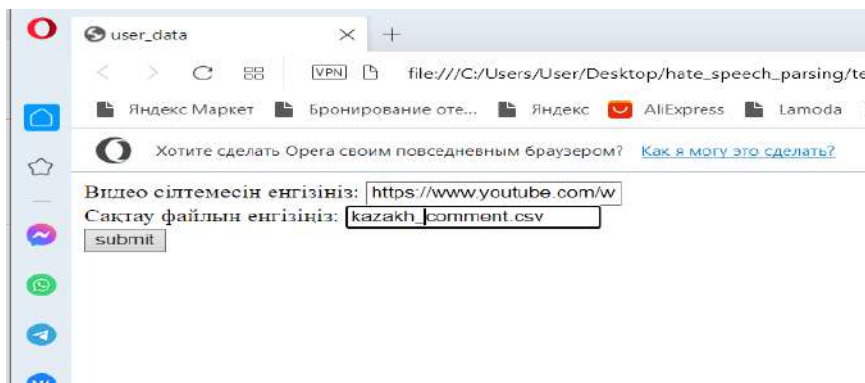
5. *Адамды қорлауды және қорлауды білдіретін сөздер* – «бірнеше баскесер – бір құрбан» схемасы бойынша электронды қудалау орын алған кезде жиі қолданылатын сөздер. Жәбірленушінің өзін-өзі бағалауын төмендетуге бағытталған дөрекі сөздер. Мысалы, сұм, сүмелек, надан, топас, ақымақ, т.б. лексикалық сөз тіркестер. Осылайша, Буллар жәбірленушіден күшті екенін көрсетуге тырысады.

6. *Ұлтқа және нәсілшілдікке қатысты ұғымдарды атайтын сөздер*, мысалы, негр, өзбек, сарт, ит қытай және т.б. - агрессорға жәбірленушіге моральдық ғана емес, сонымен қатар әлеуметтік зиян келтіруі мүмкін;

7. *Жануарлар атымен атайтын сөздер* – қорлау ретінде қолданылады, мұндай лексикалық тіркестер дәстүрлі балағат сөздермен қатар инвективті сөздер санатына өтеді. Спыр, есек, шошқа, қой, құрт, жылан т.б. сияқты жануарларды салыстыру арқылы жәбірленушінің қасиеттерін жануарлардың қасиеттерімен теңестіреді, бұл оның қоғамдағы мәртебесін төмендетеді.

8. *Физикалық және ақыл-ой кемістігі бар адамдарды кемсітетін сөздер қатары* – бұл сөздік қорды қолданудың негізгі мақсаты жәбірленушінің ар-намысы мен қадір-қасиетін қорлау, оның әлеуметтік беделін төмендету, тұлға ретінде жою. Буллер жәбірленуші өзінен ақылдырақ болғанда жәбірленушінің шектеулі ақыл-ой қабілетін көрсететін тілді жиі қолданады. Бұл топқа керек, мүгедек, топас, ақымақ, мәңгүрт, әлсіз әлжуаз, т.б. сөздер тізбегі кіреді [7-9].

Жоғарыда көрсетілген 8 классты ескере отырып, қазақ тілді әлеуметтік желілердегі пікірлерден тұратын мәліметтер қорын жинақтауда Python бағдарламалау тілінде жазылған парсерді қолдандық Сурет 1 - де көрсетілген.



Сурет 1. Youtube желісі үшін пікірлерді жинақтау (парсинг)

Пікірлерді жинақтау (парсинг) интерфейсі ұсынылып отыр, яғни онлайн түрде қажетті файлдың сілтемесін енгізу арқылы, екінші жолаққа сақтау файлы құрау арқылы видеоның астындағы пікірлерді, аз уақыт ішінде өзімізге жүретін алуға болатындығын байқадық. Келесі қадам, жинақталған пікірлерді екілік классқа бөлу, яғни ғадауат тілді пікірлерді «1» атрибутымен, ал бейтарап пікірлерді «0» деп Сурет 2 – де көрсетілген бойынша нөмерледік.

	A	B
4493	Кайыршы шенеуликтер. Сұмдықкой , көздері мен колдары топыракка толсын.	1
4494	Спортшыларға бір жылға жуық айлықтарын бермеді 2022 жылы не сұмдық құрсын сонда ұлттық банктен бөлінген қаржыны мына жалмауыздар жеген екен ғой желке лерінен тесіп шықырлар...масқара ғой.	1
4495	Жемқорлықтан бас алмаған мүсәпірлер!	1
4496	Нартай осындай өтіркіші қотақбастарды шығармашы қырғыздар сөзбен сігіп жатыр ана жақта	1
4497	Котин айратын Адам екенгой Бекболат деген Адам екенгой	1
4498	Самрық қазына қорының ақшасын Назарбаевтардың бауырлары әбден белден басып келген екен ғой ұрылар.	1
4499	Әбдрахманов қотақбас шсгн	1
4500	Солай жағымпаз болып енді билік Тен Нұрсұлтан кеткенсоң екі жүзділік пен жамандап ал енді ақ болып отырсың Ар ұяттан жұрдай болып кетіпсің	1
4501	Зорға шыдап отырм отиригине еи деп солемек туры тилин котине тыгып отрасын <sup>9</sup>	1
4502	Ешакбас Серик екенсин	1
4503	Серік Абдрахманов кандай екі жүзді адамсыз Назарбевтың қасынд жүргенде мақтап қолдап жүрдің Сол кезде халықтың сөзің сөйлеген халық азаматтар қайда кетті кілен халықпен санаспайтын жемқорлар қалған	1
4504	Назарбаев деген кім өзі қазақты біріне бірін айдап салып бітті ғой сол генералдардың бәрі ұрғашығой еркее бодса қайда елге жаны ашығандығы өтіріктің арты бір тұтам еркек болса қайда елдің алдына шығып жауап бермеидіма ұрғашы	1
4505	Енді не деп отырсың, құйыршық, тиын-тебенге жолатбай қойған соң сатып отырсың да .	1
4506	Назарбевтің тупойлығы ұры екендігі сонша халықтың алдына шыға алмағаны.жәнеде Астананың жақсы атын Нұрсұлтан деп ерсі қойғаны тупойлығы	1
4507	Мына шал не деп кыртып отыр бұрында айтпай ма пиздес халыкка жаны ашыса енди келе калып жамандап отыр котилаш	1
4508	Ұры назарбаев ты бари билет неге туқымымен камамайды токаев	1
4509		1

Сурет 2. Қазақ тілді ғадауат тілді пікірлер мәліметтер қоры

Дайындалған жинақтаушы көмегімен «Youtube» және жаңалықтар сайттарынан мәтіндік деректер жинақталып, мәтіндерді «ғадауат тілді» және «бейтарап» деп екі сыныпқа қолмен жіктеу жасалды. Келесі қадам, модельді одан әрі оқыту үшін корпус құрып, ғадауатт тілді және бейтарап сипаттағы мәтіндердің, сөздердің бұлттарының таралуын пайдалана отырып, корпусқа талдау жүргізу болып табылады.

### Нәтижені талқылау

Қазақ тіліндегі мәтіндерді өңдеу кезінде машиналық оқытудың басқа тілдерінен біршама айырмашылығы бар. Әрине, тілдің өзіндік ерекшеліктерімен қатар заңдылықтары да аз емес. Қазақ тілінде негізгі мәселелердің бірі – негізгі түбір сөзді табу, сонымен қатар жұрнақтар мен жалғауларды сөздің түбірі мен мағынасын сақтай отырып алып тастау.

*Тоқтау сөздер (stop words)* – мәтінде ерекше рөл атқармайтын, бірақ жалпы мәтіннің мағынасын жақсы толықтыратын сөздер. [10]Бұл жердегі мәселе әртүрлі тақырыптық мәтіндерде және ауызекі сөйлеуде тым жиі кездеседі. Олардың машиналық оқытуда болуы объектіні оқытуда және жіктеуде біршама қателерді тудыратын үлкен мәселе тудырады. Бұл тоқтау сөздерінің көпшілігі *Сурет 3 - те* көрсетілгендей nltk кітапханасынан алынған. Қазақ тілінде экстремизм тақырыбына қатысты 300 сөз, сонымен қатар өз сөздері бар. Нәтижесінде олар осындай тақырыптық мәтіндерді жақсырақ анықтауға көмектесті.

```
@author: User
import nltk
from nltk.corpus import stopwords
print(stopwords.words('kazakh'))
```

Сурет 3. Nltk кітапханасындағы қазақша тоқтау сөздерді шақыру

Nltk кітапханасындағы қазақша тоқтау сөздерді шақырту, яғни мәтінде ерекше рөл атқармайтын, бірақ жалпы мәтіннің мағынасын жақсы толықтыратын *Сурет 4- те* көрсетілген сөздерді жинақталған деректер қорынан алып тастау арқылы, машиналық оқыту әдістерін пайдалана отырып жоғары дәлдікке жетуге болады.

```
In [8]: runfile('C:/Users/User/anaconda3/lib/site-packages/pandas/io/untitled15.py', wdir='C:/Users/User/anaconda3/lib/site-packages/pandas/io')
['ах', 'ох', 'эх', 'ай', 'эй', 'ой', 'тағы', 'тағыда', 'әрине', 'жоқ', 'сондай', 'осындай', 'осылай', 'солай', 'мұндай', 'бұндай', 'мен', 'сен', 'ол', 'біз', 'біздер', 'олар', 'сіз', 'сіздер', 'маған', 'оған', 'саған', 'біздің', 'сіздің', 'оның', 'бізге', 'сізге', 'оларға', 'біздерге', 'сіздерге', 'оларға', 'менімен', 'сенімен', 'онымен', 'бізбен', 'сізбен', 'олармен', 'біздермен', 'сіздермен', 'менің', 'сенің', 'біздің', 'сіздің', 'оның', 'біздердің', 'сіздердің', 'олардың', 'маған', 'саған', 'оған', 'менен', 'сенен', 'одан', 'бізден', 'сізден', 'олардан', 'біздерден', 'сіздерден', 'олардан', 'айтпақшы', 'сонымен', 'сондықтан', 'бұл', 'осы', 'сол', 'анау', 'мынау', 'сонау', 'осынау', 'ана', 'мына', 'сона', 'әні', 'міне', 'ей', 'үйт', 'бүйт', 'біреу', 'кейбіреу', 'кейбір', 'қайсыбір', 'әрбір', 'бірнеше', 'бірдеме', 'бірнеше', 'әркім', 'әрне', 'әрқайсы', 'әрқалай', 'әлдекім', 'әлдене', 'әлдеқайдан', 'әлденеше', 'әлдеқалай', 'әлдеқашан', 'әлдақашан', 'әш', 'әшкім', 'әшбір', 'әштеме', 'дәнене', 'әшқашан', 'әшқандай', 'әшқайсы', 'емес', 'бәрі', 'барлық', 'барша', 'бар', 'күллі', 'бүкіл', 'түгел', 'өз', 'өзім', 'өзің', 'өзінің', 'өзіме', 'өзіне', 'өзімнің', 'өзі', 'өзге', 'менде', 'сенде', 'онда', 'менен', 'сенен', 'тонан', 'одан', 'ау', 'па', 'ей', 'эй', 'е', 'уа', 'уау', 'уай', 'я', 'пай', 'ә', 'о', 'оно', 'ой', 'ие', 'ана', 'ау', 'беу', 'массаған', 'бәрекедді', 'әттегенай', 'жаракімалла', 'масқарай', 'астапыралла', 'япырмай', 'ойпырмай', 'кәне', 'кәнеки', 'ал', 'әйда', 'кәні', 'міне', 'әні', 'сорап', 'қош-қош', 'пйша', 'піше', 'құрау-құрау', 'шәйт', 'шек', 'моң', 'төк', 'құрау', 'құр', 'кә', 'кәң', 'күшім', 'күшім', 'мышы', 'пырс', 'әүкім', 'алақай', 'паң-паң', 'бәрекедді', 'ура', 'әттен', 'әттеген-ай', 'қап', 'түге', 'пішту', 'шіркін', 'алатау', 'пай-пай', 'үшін', 'сайын', 'сияқты', 'туралы', 'арқылы', 'бойы', 'бойымен', 'шамалы', 'шақты', 'қаралы', 'ғұрлы', 'ғұрлым', 'шейін', 'дейін', 'қарай', 'шаман', 'салым', 'тарта', 'жуық', 'таяу', 'гері', 'бері', 'кейін', 'соң', 'бұрын', 'бетер', 'қатар', 'бірге', 'қоса', 'арс', 'ғұрс', 'дүрс', 'қорс', 'тарс', 'тырс', 'ырс', 'барқ', 'борт', 'күрт', 'кірт', 'морт', 'сарт', 'шырт', 'дүңк', 'күңк', 'қыңк', 'мыңк', 'маңк', 'саңк', 'шаңк', 'шіңк', 'тыңк', 'тыңқ', 'ыңк', 'болл', 'былл', 'жалл', 'желл', 'қолл', 'ірк', 'ырқ', 'сарт-сұрт', 'тарс-
```

Сурет 4. Nltk кітапханасындағы қазақша тоқтау сөздер

*Стемминг* - қажетсіз жұрнақтар мен жалғауларды алып тастап, соңында түбірді табады. Бұл бөлім меншікті алгоритмдермен орындалды. Онда алгоритм екі нұсқа негізінде жұмыс істейді. Біріншісі – дерекқордан бірегей сөздерді іздеп, мәтінде оларды ауыстыру. Базада ондай сөздер болмаса, қазақ тілінің ережелері бойынша орындалады. Stemming Python тілінде жазылған.

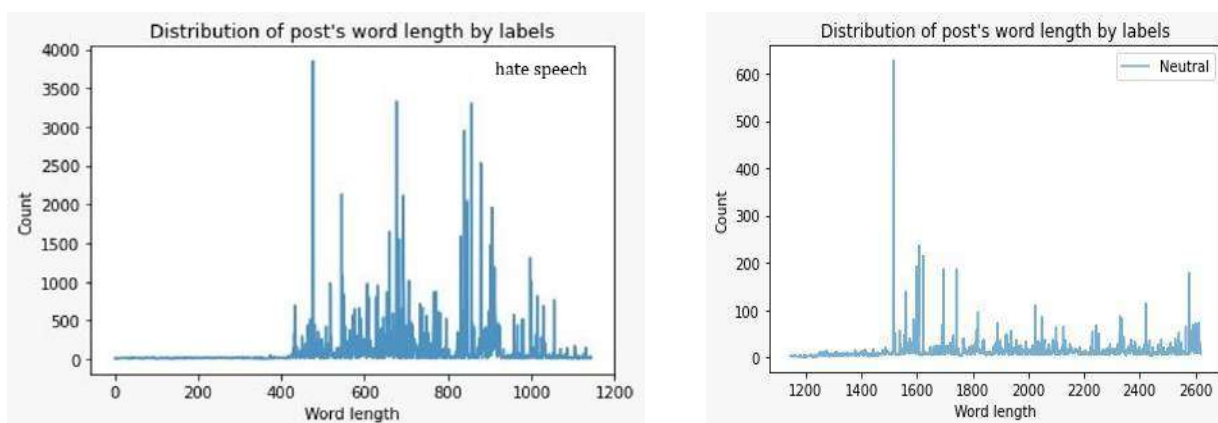
Statistics - бұл сөздің немесе таңбаның жіктеу тапсырмаларында мәтіндерді оқытуға қаншалықты жақсы әсер ететіндігімен анықталатын *Сурет 5 – те* көрсетілген мәтіндік статистика. [11-12]

$$feature_1 = \frac{\text{unique words}}{\text{word counts}}$$

$$feature_2 = \text{word counts}$$

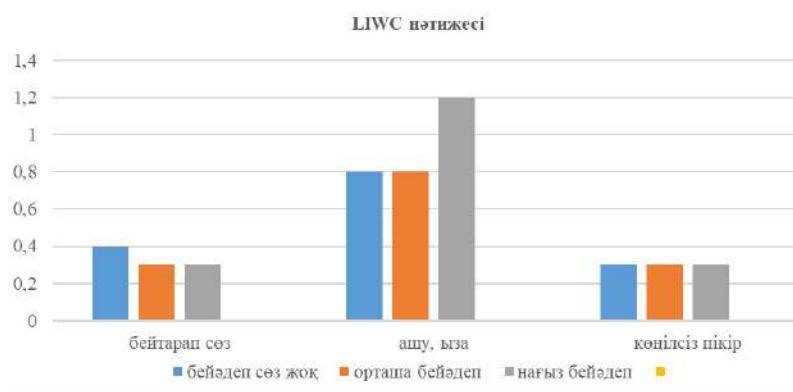
$$feature_3 = \text{symbol counts}$$

$$feature_{alphabet} = \sum_{i=0}^{n=41} x_i \text{ in text}$$



Сурет 5. Бейәдеп және бейтарап тілді мәтіндік статистика.

LIWC (*Linguistic Query and Word Count*) – мәтінді талдау бағдарламасы. Ол мәтінде *Сурет 6 – да* көрсетілгендей сөздердің әртүрлі санаттарының қаншалықты қолданыста екендігін есептейді.



Сурет 6. Мәтінді талдау бағдарламасы

Сөздік бұлт. Деректерді көрнекі түрде көрсету үшін сөздік бұлттар пайдаланылды. Кемсіту ықтималы немесе өшпенділік идеялары бар пайдаланушы жазбалары *Сурет 7 –де* бөлек көрсетілген. Көріп отырғанымыздай, ғадауат жазбалар пайдаланушылардың кемсітіп, қорлау немесе қорқыту мақсатында екенін тікелей көрсететін «ж.леп», «м.қтабас құл», «тып тастау керек» сияқты сөздерді жиі пайдаланады.



References:

- 1 R. Alshalan and H. Al-Khalifa, "A deep learning approach for automatic hate speech detection in the Saudi Twittersphere", *Appl. Sci.*, vol. 10, no. 23, pp. 1-16, 2020.
- 2 A. Al-Hassan and H. Al-Dossari, "Detection of hate speech in social networks: A survey on multilingual corpus", *Proc. Comput. Sci. Inf. Technol. (CS IT)*, pp. 83-100, Feb. 2019.
- 3 A. Schmidt and M. Wiegand, "A survey on hate speech detection using natural language processing", *Proc. 5th Int. Workshop Natural Lang. Process. Social Media*, pp. 1-10, 2017.
- 4 TNS Central Asia | Media Marketing Index (kantar.kz)
- 5 UNICEF Kazakhstan
- 6 A. Alrehili, "Automatic hate speech detection on social media: A brief survey", *Proc. IEEE/ACS 16th Int. Conf. Comput. Syst. Appl. (AICCSA)*, pp. 1-6, Nov. 2019.
- 7 M. A. Al-Garadi, M. R. Hussain, N. Khan, G. Murtaza, H. F. Nweke, I. Ali, et al., "Predicting cyberbullying on social media in the big data era using machine learning algorithms: Review of literature and open challenges", *IEEE Access*, vol. 7, pp. 70701-70718, 2019.
- 8 A. Rodriguez, C. Argueta and Y.-L. Chen, "Automatic detection of hate speech on Facebook using sentiment and emotion analysis", *Proc. Int. Conf. Artif. Intell. Inf. Commun. (ICAIIIC)*, pp. 169-174, Feb. 2019.
- 9 G. Weir, K. Owoeye, A. Oberacker and H. Alshahrani, "Cloud-based textual analysis as a basis for document classification", *Proc. Int. Conf. High Perform. Comput. Simul. (HPCS)*, pp. 629-633, Jul. 2018.
- 10 J. Cheng, C. Danescu-Niculescu-Mizil and J. Leskovec, "Antisocial behavior in online discussion communities", *Proc. 9th Int. Conf. Web Soc. Media (ICWSM)*, pp. 61-70, 2015, 2015.
- 11 Alkomah, F., & Ma, X. (2022). A Literature Review of Textual Hate Speech Detection Methods and Datasets. *Information*, 13(6), 273.
- 12 Mühlhoff, R. (2020). *Human-aided artificial intelligence: Or, how to run large computations in human brains? Toward a media sociology of machine learning.* *new media & society*, 22(10), 1868-1884.

МРНТИ 14.35.07  
УДК 372.862

10.51889/2959-5894.2023.82.2.033

Г. Шынтай<sup>1\*</sup>, Г.Ж. Ерланова<sup>2</sup>, Н.Т. Шындалиев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилёва, г.Астана, Казахстан

<sup>2</sup> Университет Алихана Бөкейхана, г.Семей, Казахстан

\*e-mail: gulnar\_09@mail.ru

## ВЛИЯНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЫ НА НАВЫКИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЕ МЫШЛЕНИЕ СТУДЕНТОВ-ПРОГРАММИСТОВ

### Аннотация

В современном образовании используются все более продвинутые подходы к использованию технологий в учебном процессе, такие как виртуальная реальность. Образовательные игры и обучение на основе игр рассматриваются как один из способов формирования вычислительного мышления у учащихся. Целью данного исследования было изучить влияние разработанной нами игровой виртуальной среды под названием Kzcodevr на навыки программирования и вычислительное мышление студентов университета. Работа с приложением осуществлялась посредством персональных компьютеров и предполагала выполнение упражнений по программированию, в том числе объектно-ориентированное программирование, разработку алгоритмов и решение задач. В исследовании приняли участие 56 студентов-программистов, 28 из которых занимались программированием в Kzcodevr в течение 12 недель, в то время как контрольная группа проходила стандартную программу обучения. До и после эксперимента участники прошли два стандартизированных теста для оценки навыков программирования и вычислительного мышления. Результаты показали, что у экспериментальной группы были значительно более высокие результаты по итогам обоих тестов по сравнению с контрольной группой. Это позволяет предположить, что использование образовательных виртуальных сред может улучшать навыки программирования и развивать вычислительное мышление студентов. Результаты интервью свидетельствуют о том, что учащиеся остались удовлетворены работой с Kzcodevr.

**Ключевые слова:** виртуальная реальность, высшее образование, программирование, студенты, VR.

### Аңдатпа

Г. Шынтай<sup>1</sup>, Г.Ж. Ерланова<sup>2</sup>, Н.Т. Шындалиев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Л.Н. Гумилёв атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан

<sup>2</sup> Әлихан Бөкейхан университеті, Семей қ., Қазақстан

## БІЛІМ БЕРУГЕ АРНАЛҒАН ВИРТУАЛДЫ ОРТАНЫҢ БАҒДАРЛАМАШЫ СТУДЕНТТЕРДІҢ БАҒДАРЛАМАЛАУ ДАҒДЫЛАРЫНА ЖӘНЕ ЕСЕПТЕУ ҚАБІЛЕТІНЕ ӘСЕРІ

Қазіргі білім беруде оқу процесінде виртуалды шынайылық іспетті технологияны қолданудың жетілдірілген тәсілдері ендірілуде. Білім беруде ойындар мен ойынға негізделген оқыту білім алушылардың есептеу қабілетін қалыптастырудың бір әдісі ретінде қарастырылады. Бұл зерттеудің мақсаты біз әзірлеген kzcodevr деп аталатын ойын қолданылған виртуалды ортаның университет студенттерінің бағдарламалау дағдылары мен есептеу қабілетіне әсерін зерттеу болды. Қосымшамен жұмыс дербес компьютерлер арқылы жүзеге асырылды және бағдарламалау жаттығуларын, соның ішінде объектіге бағытталған бағдарламалауды, алгоритмдерді құрастыруды және есептерді шешу қарастырылды. Зерттеуге бағдарламау тобының 56 студенті қатысты, олардың 28-і Kzcodevr-де 12 апта бойы бағдарламалаумен айналысты, ал бақылау тобы стандартты оқу бағдарламасынан өтті. Экспериментке дейін және одан кейін қатысушылар бағдарламалау дағдыларын және есептеу қабілеттерін бағалау үшін екі стандартталған сынақтан өтті. Нәтижелер эксперименттік топтың бақылау тобымен салыстырғанда екі сынақтың нәтижелері бойынша айтарлықтай жоғары нәтижелерге ие екенін көрсетті. Бұл білім беру виртуалды орталарын пайдалану бағдарламалау дағдыларын жақсартуға және студенттердің есептеу қабілетін дамытуға мүмкіндік береді. Сұхбат нәтижелері оқушылардың Kzcodevr жұмысымен қанағаттанғанын көрсетеді.

**Түйін сөздер:** виртуалды шынайылық, жоғары білім, бағдарламалау, студенттер, VR.



*Abstract*

## THE IMPACT OF AN EDUCATIONAL VIRTUAL ENVIRONMENT ON THE PROGRAMMING SKILLS AND COMPUTATIONAL THINKING OF PROGRAMMING STUDENTS

*Shynatay G.<sup>1</sup>, Erlanova G.ZH.<sup>2</sup>, Shyndaliyev N.T.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

<sup>2</sup> *Alikhan Bokeikhan university, Semey, Kazakhstan*

Today's education utilizes increasingly advanced approaches to the use of technology in the learning process, such as virtual reality. Educational games and game-based learning are considered as one of the ways to foster computational thinking in students. The purpose of this study was to investigate the impact of a game-based virtual environment we developed called Kzcodevr on programming skills and computational thinking of undergraduate students. They worked with the application through personal computers to perform programming exercises, including object-oriented programming, algorithm design, and problem-solving. A total of 56 programming students took part in the study, 28 of whom used Kzcodevr for 12 weeks, while the control group had a standard curriculum. Before and after the experiment, participants completed two standardized tests to measure programming skills and computational thinking. The results showed that the experimental group had significantly higher scores on both tests compared to the control group. This suggests that the use of educational virtual environments can improve students' programming skills and computational thinking. The results of the interviews indicate that students were quite satisfied with Kzcodevr.

**Keywords:** virtual reality, higher education, programming, students, VR.

### **Введение**

Компьютерное программирование – это искусство разработки исполняемых кодов для решения конкретных задач. Содержание образования в области компьютерного программирования постоянно развивается, например, от языка ассемблера до объектно-ориентированного программирования, такого как C++ [1, с. 1-11]. Сообщается, что практика развития навыков вычислительного мышления с целью содействия обучению программированию становится все более распространенной в высшем образовании [2]. Навыки вычислительного мышления, такие как рекурсивное мышление и навыки решения проблем, являются жизненно необходимыми для студентов высшего образования, изучающих информатику, чтобы подготовить их к будущим вызовам и требованиям рынка труда. В современном образовании используются все более продвинутые подходы к использованию технологий в учебном процессе, такие как виртуальная реальность (VR). Образовательные игры и обучение на основе игр рассматриваются как один из способов формирования вычислительного мышления у учащихся [3]. В настоящее время образовательные игры, основанные на технологии VR, считаются полезным инструментом для обучения информатике. Технология VR предполагает использование компьютерного моделирования для создания виртуального пространства и предоставляет пользователям сенсорные симуляции, в частности, зрительные. Когда пользователь выполняет движение, компьютер может мгновенно отображать это действие и воспроизводить трёхмерные образы, создавая ощущение присутствия. VR обеспечивает эффект погружения, присутствия, непосредственного контроля, вовлечения и взаимодействия между учащимися и объектами изучения, что должно способствовать улучшению когнитивных показателей студентов, в том числе рефлексивного мышления.

Мы полагаем, что использование образовательных VR приложений является перспективным подходом к развитию вычислительного мышления и навыков программирования у студентов высшего образования. Это обусловлено тем, что VR позволяет создавать моделируемую среду, в которой студенты могут заниматься практическим, экспериментальным обучением, что, как было показано, повышает эффективность обучения [4, с. 100452]. Более того, образовательные VR приложения предлагают более иммерсивный и интерактивный формат учебного процесса по сравнению с традиционным образованием. Это особенно важно для компьютерного программирования, которое требует высокой степени визуального и пространственного мышления. VR приложения могут обеспечить 3D пространство, которое позволило бы студентам визуализировать концепции программирования и увидеть, как они работают в действительности, что может помочь им лучше понять и запомнить комплексные идеи программирования. Поэтому мы выдвинули гипотезу о том, что включение нашего учебного игрового VR приложения в курс программирования для студентов университета может стать практичным и эффективным средством улучшения их вычислительного мышления и навыков программирования. На сегодняшний день опубликовано крайне мало работ о влиянии VR на вычислительное мышление и навыки программирования; при этом они изучают воздействие VR только на какой-либо один из данных параметров. Настоящее исследование может

способствовать заполнению данной лакуны. Насколько нам известно, это первое исследование, в котором оценивается влияние виртуального обучения одновременно на вычислительное мышление и навыки программирования студентов высшего образования. Целью исследования было сравнение навыков программирования и вычислительного мышления до и после тестирования между экспериментальной и контрольной группами, а также анализ фидбэка участников о работе с VR приложением.

### **Литературный обзор**

Данные исследований показывают, что использование игровых методик в качестве дополнения к стандартной учебной методике может содействовать углублению восприятия материала учащимися, расширить их учебный опыт и повысить успеваемость. Hooshyar et al. (2021) сообщают, что адаптивная компьютерная игра – Autothinking – оказалась эффективной для развития у студентов навыков вычислительного мышления [5]. В другом исследовании Bolivar et al. (2019) разработали VR игру для развития у учеников понимания информатики. Игра имитировала сценарий «Escape Room», где игрок мог принимать решения, воспроизводящие реальные ситуации. Авторы утверждают, что их игра способна пробудить в игроках интерес к информатике, предлагая простые игры в увлекательном формате, позволяющем игрокам получать удовольствие и одновременно изучать концепции информатики, такие как цикл, массивы и структура управления [6, с. 408-419]. Кроме того, Bouali et al. (2019) продемонстрировали, как игровые технологии VR могут помочь студентам в изучении концепций объектно-ориентированного программирования, таких как создание, инстанцирование и манипулирование объектами [7, с. 1-2], а Segura et al. (2020) разработали VR приложение под названием VR-OCKS для обучения студентов, изучающих информатику и инженерные науки, основным структурам управления в программировании, таким как итерация и условный оператор, при помощи управления человекоподобным персонажем в синтезированной среде. Было установлено, что эта виртуальная игра способствовала развитию творческого и логического мышления участников исследования [8, с. 31-41].

### **Методология исследования**

*Участники.* Участниками исследования стали 56 студентов второго курса (73% мужчин), специализирующихся в области программирования, со средним возрастом 20,5 лет ( $SD = 0,8$ ), учащиеся в университете (Астана, Казахстан). Применялись следующие условия включения в исследуемую выборку: (а) студент освоил как минимум один курс программирования, (б) студент не имел предшествующего опыта обучения с использованием VR, и (в) студент добровольно согласился участвовать в исследовании.

*Экспериментальное воздействие.* В исследовании использовалось специально разработанное нами VR приложение под названием Kzcodevr, которое включало ряд упражнений по программированию, в том числе объектно-ориентированное программирование, разработку алгоритмов и решение задач. Приложение было разработано с использованием Unity3D, популярного игрового движателя, позволяющего разрабатывать виртуальные среды, и написано на языке программирования C#. Пример упражнения по программированию в Kzcodevr включает создание объектно-ориентированной программы для виртуального робота. Упражнение требовало от студентов разработать программу, которая бы инструктировала робота перемещаться по виртуальной среде, избегая препятствий и выполняя задания (рисунок 1).

Студенты должны были использовать такие категории, как классы, методы и наследование, чтобы разработать эффективное и действенное решение. Экспериментальная группа ( $n = 28$ ) использовала Kzcodevr в общей сложности 30 часов в течение 12 недель в рамках университетского курса 2022/2023 учебного года. Мы установили приложение на персональные компьютеры в компьютерной аудитории, и студенты посещали её два раза в неделю, чтобы выполнять упражнения по программированию в игре под руководством исследовательской группы. Другие 28 студентов составили контрольную группу, в которой программа обучения не претерпела изменений.

*Оценка исследуемых характеристик.* До и после эксперимента участники экспериментальной и контрольной групп выполнили два стандартизированных теста, которые оценивали их навыки программирования и вычислительное мышление в компьютерной лаборатории под наблюдением исследователей. Навыки программирования оценивались с помощью теста Computer Programming Assessment Test (CPAT) [1, с. 1-11], состоящего из 35 вопросов с несколькими вариантами ответов, с

присуждением двух баллов за правильный ответ и 0 баллов за неправильный ответ; таким образом, возможная сумма баллов варьировалась от 0 до 70.



Рисунок 1. Снимок экрана в процессе управления роботом в Kzcodevr.  
Источник: составлено авторами.

Вычислительное мышление оценивалось с помощью опросника Computational Thinking Scale (CTS) [9, с. 579-602], состоящего из 15 пунктов (в оригинальной англоязычной версии 19 пунктов, но по результатам экспертной оценки 4 пункта были удалены из опросника ввиду их неинформативности), выраженных по пятибалльной шкале Лайкерта; следовательно, суммарная оценка варьировалась от 15 до 75 баллов. Оба теста были переведены с английского на русский язык двумя профессиональными переводчиками. Наконец, по окончании экспериментального периода с участниками экспериментальной группы было проведено интервью, чтобы собрать их отзывы о Kzcodevr и его влиянии на их обучение. Интервью были записаны с помощью цифрового аудиорекодера и расшифрованы нами.

#### *Анализ данных*

*Количественный анализ.* Для оценки изменений в навыках программирования и вычислительном мышлении, результаты до и после тестирования сравнивались в каждой группе с помощью парного t-теста. Для оценки межгрупповых различий проводился непарный t-тест. Для исключения влияния результатов предварительного тестирования использовался метод анализа ковариации (ANCOVA), где результаты предварительного тестирования являлись ковариатой, а группа (контрольная vs экспериментальная) являлась независимой переменной.

Статистический анализ осуществляли с помощью языка программирования R. Различия интерпретировали как статистически значимые при  $p < 0,05$ .

*Качественный (квалитативный) анализ.* Данные об опыте использования студентами Kzcodevr были собраны в ходе интервью после эксперимента, и общие темы, полученные из ответов участников, были вычленены из стенограмм с помощью процедур квалитативного анализа данных.

#### **Результаты исследования**

*Навыки программирования.* Результаты парных и непарных t-тестов для результатов оценки навыков программирования представлены в таблице 1. До эксперимента не наблюдалось значительного различия между баллами SPAT в контрольной и экспериментальной группах ( $p > 0,05$ ). У VR группы средний постэкспериментальный балл по навыкам программирования был значимо выше по сравнению с контрольной группой ( $p < 0,05$ ). После 12-недельного исследования средний балл SPAT в экспериментальной группе был значимо выше, чем средний балл в этой же группе до эксперимента ( $p < 0,05$ ). В контрольной же группе средний показатель навыков программирования за время исследования не претерпел значимых изменений ( $p > 0,05$ ).

Анализ ANCOVA (таблица 2) обнаружил значимый основной эффект группы ( $F(1, 53) = 20,87, p < 0,001$ ), указывающий на то, что средний балл SPAT в экспериментальной группе был значительно выше, чем в контрольной группе, с учётом баллов, полученных до начала эксперимента. Влияние результатов предварительного тестирования на конечный эффект было незначимым ( $F(1, 53) = 0,22, p = 0,640$ ), что указывает на то, что результаты предварительного тестирования не предсказывали постэкспериментальное состояние навыков программирования в статистически значимой мере.

Таблица 1. Результаты t-тестов для навыков программирования (баллы Computer Programming Assessment Test) в контрольной и экспериментальной группах

Группа	До эксперимента (среднее ± стандартное отклонение)	После эксперимента (среднее ± стандартное отклонение)	После эксперимента, парный t-тест (t, p)	После эксперимента, непарный t-тест (t, p)
Контрольная	38,5 ± 5,5	40,9 ± 5,8	2,56, p >0,05	2,14, p >0,05
Экспериментальная	37,8 ± 4,9	50,4 ± 6,2	7,45, p <0,05	10,12, p <0,05

Источник: составлено авторами.

Таблица 2. Результаты анализа ковариации для навыков программирования с учётом результатов предварительного тестирования

Переменная	Сумма квадратов	df	Среднее квадратическое	F	p
Результаты до эксперимента	10,12	1	10,12	0,22	0,640
Группа	614,78	1	614,78	20,87	<0,001
Остатки	1096,28	53	20,67		

Источник: составлено авторами.

**Вычислительное мышление.** Результаты парных и непарных t-тестов для результатов оценки вычислительного мышления изложены в таблице 3. До эксперимента различие между баллами CTS в контрольной и экспериментальной группах было незначимым ( $p > 0,05$ ). В экспериментальной группе средний показатель вычислительного мышления значимо превышал контрольную группу ( $p < 0,05$ ), как и собственный предэкспериментальный уровень ( $p < 0,05$ ). Средний постэкспериментальный балл по CTS в контрольной группе существенно не отличался от предварительного значения ( $p > 0,05$ ).

Таблица 3. Результаты t-тестов для вычислительного мышления (Computational Thinking Scale) в контрольной и экспериментальной группах

Группа	До эксперимента (среднее ± стандартное отклонение)	После эксперимента (среднее ± стандартное отклонение)	После эксперимента, парный t-тест (t, p)	После эксперимента, непарный t-тест (t, p)
Контрольная	51,5 ± 7,3	53,6 ± 7,6	2,61, p >0,05	1,23, p >0,05
Экспериментальная	50,2 ± 6,5	60,1 ± 7,4	6,56, p <0,05	8,31, p <0,05

Источник: составлено авторами.

Анализ ковариации (таблица 4) выявил статистически значимый основной эффект группы ( $F(1, 53) = 7,95, p = 0,007$ ), что свидетельствует о том, что средний балл CTS в экспериментальной группе был существенно выше, нежели в контрольной группе, с учётом состояния данного показателя до начала эксперимента. Влияние результатов предэкспериментальной оценки было незначимым ( $F(1, 53) = 1,11, p = 0,296$ ), что говорит о том, что результаты предварительного тестирования существенно не предсказывали уровень вычислительного мышления студентов по окончании исследования.

Таблица 4. Результаты анализа ковариации для вычислительного мышления с учётом результатов предварительного тестирования

Переменная	Сумма квадратов	df	Среднее квадратическое	F	p
Результаты до эксперимента	8,15	1	8,15	1,11	0,296
Группа	69,27	1	69,27	7,95	0,007
Остатки	714,85	53	13,49		

Источник: составлено авторами.

*Качественный анализ данных интервью.* В таблице 5 представлены отзывы участников о Kzcodevr. Выделенные темы и подтемы показывают, что респонденты сочли виртуальную программу увлекательной, удобной и обеспечивающей прогресс. Студенты отметили, что трудности в работе с приложением, как и элементы геймификации, мотивировали их прилагать усилия. Удобство использования также было отмечено как немаловажная составляющая.

Таблица 5. Темы и подтемы из интервью с участниками экспериментальной группы

Тема	Подтема	Цитаты
Вызовы	Мотивация	«Виртуализация сделала обучение более увлекательным, прогресс в разработке персонажа очень мотивировал».
	Испытания	«Задачи были действительно сложными, но они заставляли мыслить нестандартно и прогрессировать».
Наглядность и энтертеймент	Эмпирика	«Приложение помогло мне лучше понять некоторые концепции программирования, потому что я мог видеть их в действии. Это было намного интереснее и эффективнее, чем читать о них».
	Геймификация	«Элементы геймификации, например, открытие новых уровней, сделали обучение более увлекательным и подстёгивали к дальнейшей работе».
Удобство использования	Эргономичность	«Приложение было интуитивно понятным. В меню и элементах управления было легко ориентироваться, я в общем-то быстро разобрался».
	Простота управления	«Я могла относительно легко взаимодействовать с виртуальными объектами, это было интересно».

Источник: составлено авторами.

## Дискуссия

Полученные результаты свидетельствуют о том, что использование нашего VR приложения оказало положительное влияние на навыки программирования и вычислительное мышление учащихся. Важно отметить, что данное исследование проводилось на относительно небольшой выборке и в специфическом контексте (второкурсники в одном университете), поэтому следует осторожно подходить к обобщению полученных результатов на другие выборки или условия. Тем не менее, эти результаты вносят вклад в корпус исследований, подтверждающих целесообразность использования виртуальных сред в качестве эффективного инструмента обучения программированию и развитию вычислительного мышления.

То, что занятия в VR-приложении оказали положительное влияние на навыки программирования и вычислительное мышления студентов, можно объяснить с помощью положений нескольких теорий обучения. Во-первых, теория когнитивной нагрузки предполагает, что обучение более эффективно, когда когнитивная нагрузка соответствующим образом регулируется [10, с. e18240]. Виртуальная реальность может обеспечить более захватывающий и увлекательный опыт обучения, что может снизить когнитивную нагрузку и способствовать лучшим результатам обучения. Возможно, Kzcodevr предоставлял информацию в более доступной для студентов форме, что позволило им более эффективно усваивать и запоминать информацию. Кроме того, теория ситуативного (контекстно-обусловленного) познания предполагает, что обучение более эффективно, когда оно происходит в контекстуально релевантной и иммерсивной среде [11]. Использование виртуальных упражнений на программирование согласуется с этой теорией в том смысле, что Kzcodevr мог предоставить студентам

возможность применять свои навыки программирования и вычислительного мышления в имитируемых сценариях, что потенциально повышало их способность переносить полученные знания и навыки в реальные ситуации. Такой активный, экспериментальный подход к обучению мог привести к более глубокому усвоению знаний и улучшению развития навыков.

Наше исследование показывает, что использование виртуальной игровой среды может быть эффективным инструментом для развития навыков программирования и вычислительного мышления у студентов университета. Это позволяет предполагать, что игровые VR приложения могут оказаться действенным средством для развития широкого спектра навыков в различных образовательных контекстах. В целом, результаты данного исследования могут стать основой для разработки и внедрения образовательных инструментов на основе виртуальной реальности в различных учебных условиях, а также способствовать более глубокому пониманию потенциальных преимуществ использования виртуальной реальности в образовании.

### Заключение

Таким образом, нами было экспериментально выявлено, что использование Kzcodevr эффективно для улучшения навыков программирования и вычислительного мышления студентов-программистов. Данное исследование показывает, что обучение на основе VR имеет многообещающий потенциал в качестве образовательного инструмента. Однако для полного понимания преимуществ и ограничений этого подхода потребуются дополнительные исследования, в том числе на студентах с различными стилями обучения, способностями и образовательным бэкграундом. Использование VR технологий в обучении программированию имеет серьёзный потенциал для трансформации обучения в области информатики за счёт создания иммерсивной среды для отработки навыков программирования и развития вычислительного мышления. Данное исследование подчёркивает важность изучения новых подходов к преподаванию и обучению в сфере компьютерных наук. Крайне важно адаптироваться к изменяющимся потребностям учащихся и меняющемуся миру технологий для того, чтобы образование в области информатики оставалось релевантным и эффективным. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы изучить потенциал обучения программированию на основе VR в различных контекстах и с большими выборками.

### Список использованной литературы:

- 1 Omeh C. B., Olewele C. J. *Assessing the Effectiveness of Innovative Pedagogy and Lecture Method on Students Academic Achievement and Retention in Computer Programming // Education Research International*. – 2021. – С. 1-11. <https://doi.org/10.1155/2021/5611033>
- 2 Agbo F. J., Olaleye S. A., Bower M., Oyelere S. S. *Examining the relationships between students' perceptions of technology, pedagogy, and cognition: The case of immersive virtual reality mini games to foster computational thinking in higher education // Smart Learning Environments*. – 2023. – № 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00233-1>
- 3 Agbo F. J., Oyelere S. S., Suhonen J., Tukiainen M. *Design, development, and evaluation of a virtual reality game-based application to support computational thinking // Educational Technology Research and Development*. – 2022. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10161-5>
- 4 Çoban M., Bolat Y., Göksu İ. *The potential of immersive virtual reality to enhance learning: A meta-analysis // Educational Research Review*. – 2022. – № 36. – С. 100452. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100452>
- 5 Hooshyar D., Malva L., Yang Y., Pedaste M., Wang M., Lim H. *An adaptive educational computer game: Effects on students' knowledge and learning attitude in computational thinking // Computers in Human Behavior*. – 2021. – № 114. – 106575. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106575>
- 6 Bolivar S., Perez D., Carrasquillo A., Williams A. S., Rische N. D., Ortega F. R. *3D interaction for computer science educational VR game // Universal Access in Human-Computer Interaction. Theory, Methods and Tools: 13th International Conference, UAHCI 2019, Held as Part of the 21st HCI International Conference, HCII 2019*. – Изд-во: Springer International Publishing, Orlando, FL, USA. – July 26–31, 2019. – Proceedings, Part I 2. – С. 408-419.
- 7 Bouali N., Nygren E., Oyelere S. S., Suhonen J., Cavalli-Sforza V. *Imikode: A VR game to introduce OOP concepts // Proceedings of the 19th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*. – 2019, November. – С. 1-2.
- 8 Segura R. J., del Pino F. J., Ogáyar C. J., Rueda A. J. *VR-OCKS: A virtual reality game for learning the basic concepts of programming // Computer Applications in Engineering Education*. – 2020. – № 28(1). – С. 31-41. <https://doi.org/10.1002/cae.22172>
- 9 Tsai M. J., Liang J. C., Hsu C. Y. *The computational thinking scale for computer literacy education // Journal of Educational Computing Research*. – 2021. – № 59(4). – С. 579-602. <https://doi.org/10.1177/0735633120972356>

10 Militello L. K., Sezgin E., Huang Y., Lin S. *Delivering perinatal health information via a voice interactive app (SMILE): Mixed methods feasibility study // JMIR Formative Research.* – 2021. – № 5(3). – С. e18240. <https://doi.org/10.2196/18240>

11 Rawski S. L., Foster J. D., Bailenson J. N. *Sexual harassment bystander training effectiveness: Experimentally comparing 2D video to virtual reality practice // Technology, Mind, and Behavior.* – 2022. – № 3(2). <https://doi.org/10.1037/tmb0000074>

References:

1 Omeh, C. B., & Olelewe, C. J. (2021). *Assessing the Effectiveness of Innovative Pedagogy and Lecture Method on Students Academic Achievement and Retention in Computer Programming.* *Education Research International*, 2021, pp. 1-11. <https://doi.org/10.1155/2021/5611033>

2 Agbo, F. J., Olaleye, S. A., Bower, M., & Oyelere, S. S. (2023). *Examining the relationships between students' perceptions of technology, pedagogy, and cognition: The case of immersive virtual reality mini games to foster computational thinking in higher education.* *Smart Learning Environments*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00233-1>

3 Agbo, F. J., Oyelere, S. S., Suhonen, J., & Tukiainen, M. (2022). *Design, development, and evaluation of a virtual reality game-based application to support computational thinking.* *Educational Technology Research and Development.* <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10161-5>

4 Çoban, M., Bolat, Y., & Göksu, İ. (2022). *The potential of immersive virtual reality to enhance learning: A meta-analysis.* *Educational Research Review*, 36, p. 100452. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100452>

5 Hooshyar, D., Malva, L., Yang, Y., Pedaste, M., Wang, M., & Lim, H. (2021). *An adaptive educational computer game: Effects on students' knowledge and learning attitude in computational thinking.* *Computers in Human Behavior*, 114, 106575. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106575>

6 Bolivar, S., Perez, D., Carrasquillo, A., Williams, A. S., Rishe, N. D., & Ortega, F. R. (2019). *3D interaction for computer science educational VR game.* In *Universal Access in Human-Computer Interaction. Theory, Methods and Tools: 13th International Conference, UAHCI 2019, Held as Part of the 21st HCI International Conference, HCII 2019, Springer International Publishing, Orlando, FL, USA, July 26–31, 2019, Proceedings, Part I 2*, pp. 408-419.

7 Bouali, N., Nygren, E., Oyelere, S. S., Suhonen, J., & Cavalli-Sforza, V. (2019, November). *Imikode: A VR game to introduce OOP concepts.* In *Proceedings of the 19th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, pp. 1-2.

8 Segura, R. J., del Pino, F. J., Ogáyar, C. J., & Rueda, A. J. (2020). *VR-OCKS: A virtual reality game for learning the basic concepts of programming.* *Computer Applications in Engineering Education*, 28(1), pp. 31-41. <https://doi.org/10.1002/cae.22172>

9 Tsai, M. J., Liang, J. C., & Hsu, C. Y. (2021). *The computational thinking scale for computer literacy education.* *Journal of Educational Computing Research*, 59(4), pp. 579-602. <https://doi.org/10.1177/0735633120972356>

10 Militello, L. K., Sezgin, E., Huang, Y., & Lin, S. (2021). *Delivering perinatal health information via a voice interactive app (SMILE): Mixed methods feasibility study.* *JMIR Formative Research*, 5(3), p. e18240. <https://doi.org/10.2196/18240>

11 Rawski, S. L., Foster, J. D., & Bailenson, J. N. (2022). *Sexual harassment bystander training effectiveness: Experimentally comparing 2D video to virtual reality practice.* *Technology, Mind, and Behavior*, 3(2). <https://doi.org/10.1037/tmb0000074>.