

ҚР ҒЖБМ ҒК «Математика және математикалық моделдеу институты» РМК



ЖОБАНЫҢАТАУЫ

ЖОБА ЖЕТЕКШІСІ

**ЖОБАНЫҢ ОРЫНДАЛУ
ЖЫЛДАРЫ**

**ҚАРЖЫЛАНДЫРУ
СОМАСЫ**

«Харди типті теңсіздіктердің жаңа дамуы және олардың әртүрлі қолданыстары»

ф.-м.ғ.к., PhD

Қалыбай Айгерім Айсұлтанқызы

2023 – 2025 (35ай)

70 264 457,5 теңге:

2021–20 055 467,5 теңге, 2022–24 750 608 теңге, 2023–25 458 382 теңге

**ЖОБАНЫҢ РЕФЕРАТЫ
(АБСТРАКТ)**

Харди өзінің теңсіздігін 1920 жылы тұжырымдап, оны 1925 жылы толықтай дәлелдеді. Осы уақыттан бастап бұл теңсіздік кең ауқымда дами бастады. Бүгінгі таңда бұл теңсіздікті және оның әртүрлі жалпылауларын зерттеу "Харди тәріздітеңсіздіктер теориясы" деп аталатын бөлек бағытқа айналды. Бұл бағытқа деген қызығушылықтың себебі - Харди типті теңсіздіктер математиканың өзінде де, техникалық ғылымдарда да әртүрлі қосымшалар үшін өте маңызды. Бұл жоба Харди тәріздітеңсіздіктерді және олардың теңдеулер мен операторлар теориясындағы қолданыстарын зерттеуге арналған.

Классикаға айналған Макенхаупт шарты сияқты белгілі Харди тәріздестеңсіздіктердің орындалу шарттары жақсы алынған. Жобаның мақсаттарының бірі-бұрыннан белгілі шарттарға альтернативті шарттарды табу. Әртүрлі критерийлердің болуы қарастырылып отырған теңсіздіктерді қолдану мүмкіндіктерін кеңейтеді.

Сонымен қатар жоба жоғары ретті симметриялы теңдеулердің тербелімдік және тербелімсіздік шарттарын коэффициенттері терминінде анықтауға бағытталған. Оларға сәйкес Харди тәріздестеңсіздіктерді сипаттау осы шарттарды орнатуға мүмкіндік береді. Және де, Харди тәріздестеңсіздіктердің дәл осындай сипаттамалары операторлардың спектрлік қасиеттерін зерттеуде де қолданылады, бұл да жобаның мақсаты болып табылады.

Егер Харди операторын ядросы бар неғұрлым жалпы операторға ауыстырса, онда ядроға ешқандай шектеу қоймай бұл теңсіздікті сипаттау, шешілмеген әлі де белгілі ашық мәселе. Ядросы бар теңсіздіктерді зерттеу үнемі кеңейіп келеді. Бұл жобада біз бұрын қарастырылған ядролардың көптеген кластарын қамтитын ядролардың кең класын қарастыруға ниеттіміз.

КҮТІЛЕТІН НӘТИЖЕЛЕР

ҚОЛ ЖЕТКІЗІЛГЕН НӘТИЖЕЛЕР

- Харди тәріздестеңсіздіктердің орындалуының белгілі стандартты (қазірдің өзінде классикалық) критерийлеріне альтернативті критерийлер;
- төртінші және жоғары ретті симметриялы теңдеулердің күшті тербелімді және тербелімсіздігінің коэффициенттер терминінде критерийлері;
- төртінші және жоғары ретті операторлардың төменнен шенелуінің, спектрлерінің дискреттілігінің, резольвенталарының ядрелілігінің критерийлері және бірінші меншікті мәндері мен ядролық нормаларын олардың коэффициенттері терминінде екіжақты бағалау;
- ядролардың кең класын қамтитын операторлары бар Харди тәріздестеңсіздіктердің орындалу критерийлері.
- Харди типті стандартты теңсіздіктерді орындалуының белгілі критерийлеріне балама критерийлер белгіленді.
- Төртінші және жоғары ретті симметриялы теңдеулердің күшті тербелімділігі мен тербелімсіздігінің қажетті және жеткілікті шарттары олардың коэффициенттері тұрғысынан табылды.
- Төртінші және жоғары ретті операторлардың төменнен шенелімділігі, спектрінің дискреттілігі, резольвенттің ядролығы шарттарын, бірінші меншікті мәндері мен ядролық нормаларының екі жақты бағалауларын олардың коэффициенттері терминінде табылды.
- Ядролардың кең класын қамтитын операторлы Харди типті теңсіздіктердің орындалу критерийлері белгіленді.

ЖОБАНЫҢ МАҚСАТЫ

Жобаның мақсаты- салмақты Харди теңсіздіктері теориясын одан әрі дамыту, атап айтқанда Харди типті теңсіздіктер орындалуының белгілі шарттарына альтернативті жаңа шарттарды табу, жоғары ретті операторлардың тербелімділік және спектрлік қасиеттерін зерттеу, сондай-ақ Харди типті теңсіздіктердің жеткілікті кең кластағы операторлар үшін орындалу шарттарын табу.

ЖОБАНЫҢ НЕГІЗГІ ЕСЕПТЕРІ

- 📌 Стандартты Харди типті теңсіздіктердің орындалуының белгілі критерийлеріне альтернативті критерийлерді алу.
- 📌 Төртінші және жоғары ретті симметриялы теңдеулердің күшті тербелімді және тербелімсіз болуының қажетті және жеткілікті шарттарын олардың коэффициенттері терминінде табу.
- 📌 Төртінші және жоғары ретті операторлардың төменнен шенелімділігі, спектрінің дискреттілігі, резольвенттің ядролығы шарттарын, бірінші меншікті мәндері мен ядролық нормаларының екіжақты бағалауларын олардың коэффициенттері терминінде табу.
- 📌 Ядролардың кең класын қамтитын операторлары бар Харди типті теңсіздіктердің орындалу критерийлерін алу.

ТҮЙІНДІ СӨЗДЕР

Харди тәріздес теңсіздік, интегралдық оператор, дискретті оператор, салмақты бағалаулар, салмақты көңістіктер, тербелімділік, тербелімсіздік, жоғары ретті симметриялық оператор.

**ЗЕРТТЕУ ТОБЫНЫҢ
МҮШЕЛЕРІ**

№	ТАӨ	Лауазымы	Researcher ID	Scopus Author ID	ORCID
1	Қалыбай А.А.	Рук. проекта	JGD-9054-2023	6507391273	0000-0003-3011-1783
2	Ойнаров Р.	ГНС 0.5 ст.	C-3676-2008	56046185200	0000-0002-4456-0291
3	Темирханова А.М.	ВНС 0.5 ст.	P-7704-2014	35485863600	0000-0001-5610-3314
4	Жаңабергенова Н.С.	МНС 0.5 ст.	HKS-5403-2023	57998344200	0000-0003-3046-1759

**ЖОБА БОЙЫНША
ЖАРИЯЛАНЫМДАР САНЫ**

Зерттеу нәтижелері бойынша 8 ғылыми мақала жарияланды, оның ішінде:

-  **5 мақала** (Article) импакт-факторы бар **Web of Science** және **Scopus** мәліметтер базаларына енгізілген халықаралық рейтингтік журналдарда;
-  **3 мақала** ҚР ҒЖБМ ҒЖБССҚК ұсынған, импакт-факторы бар **Scopus** мәліметтер базасына кіретін қазақстандық журналдарда.

Импакт-факторы бар халықаралық рейтингтік журналдардағы (Web of Science Clarivate Analytics деректер базасына және/немесе Scopus деректер базасына енгізілген) 5 мақала:

1. Oinarov R., Kalybay A. Second-order Hardy-type inequality and its applications // Transactions of A. Razmadze Mathematical Institute. – 2023 – Vol. 177, issue 2. – P. 237–245. (SJR(2023)=0.22), (Scopus процентиль 7 in General Mathematics), (Web of ScienceJCR (2023) = 0.3, Q4 in Mathematics in ESCI edition).
2. Oinarov R., Kalybay A. Description of the closure of the set of infinitely differentiable compactly supported functions in a weighted Sobolev space // Journal of Mathematical Sciences. – 2023. <https://doi.org/10.1007/s10958-023-06672-y> (SJR(2023)=0.3), (Scopus процентиль 16 in General Mathematics).
3. Oinarov R., Kalybay A., Persson L.-E. Oscillatory and spectral properties of a class of fourth–order differential operators via a new Hardy–type inequality // Mathematical Inequalities and Applications. –2024. – Vol. 27. issue 1. – P. 63–83. (Scopus процентиль 52 in General Mathematics), (Web of ScienceJCR (2024) = 0.7, Q2 in Mathematics).
4. Kalybay A. Hardy-type inequalities for a class of iterated operators and their application to Morrey-type spaces // Open Mathematics. – 2024 – Vol. 22, issue 1, <https://doi.org/10.1515/math-2024-0046>, (Scopus процентиль 75 in General Mathematics), (Web of ScienceJCR (2024) = 0,9, Q2 in Mathematics).
5. Kalybay A., Temirkhanova A. Alternative criteria for boundedness of one class of matrix operators in weighted spaces of sequences // Operators and Matrices. – 2025. –V. 19, №2 -P. 197–213, <https://doi.org/10.7153/oam-2025-19-13>, (Scopus процентиль 43), (Web of ScienceJCR (2024) = 0,6, Q3 in Mathematics).

ҚРҒЖБМ ҒЖБССҚК ұсынған журналдардағы 3 мақала:

1. Temirkhanova A.M., Beszhanova A.T. Criteria for the boundedness of a certain class of matrix operators from $l_{p,v}$ into $l_{q,u}$ // Bulletin of the Karaganda University, Mathematics series. – 2023 – No. 3(111) – P. 122–137, <https://doi.org/10.31489/2023M3/122-137> (SJR (2023) = 0.35), (Scopus процентиль 46 in General Mathematics), (Web of ScienceJCR (2023) = 0.7, Q2 in Mathematics in ESCI edition).
2. Kalybay A., Shalginbayeva S. Estimate of the best constant of discrete Hardy-type inequality with matrix operator satisfying the Oinarov condition // Eurasian Mathematical Journal –2024. –Vol. 15. –No. 2. – P. 42-47. <https://doi.org/10.32523/2077-9879-2024-15-2-42-47> (SJR (2023) = 0.54), (Scopus процентиль 67 in General Mathematics), (Web of ScienceJCR (2024) = 1.1, Q1 in Mathematics in ESCI edition).
3. Kalybay A., Oinarov R. On oscillatory and spectral properties of a class of higher-order differential operators // Eurasian Mathematical Journal. – 2025. –V. 16, №3. - P. 20–41, <https://doi.org/10.32523/2077-9879-2025-16-3-20-41> (Scopus процентиль 67 in General Mathematics), (Web of ScienceJCR (2024) = 1.1, Q1 in Mathematics in ESCI edition).