

ҚР ҒЖБМ ҒК «Математика және математикалық моделдеу институты» РМК



ЖОБАНЫҢ АТАУЫ

ЖОБА ЖЕТЕКШІСІ

ЖОБАНЫҢ ОРЫНДАЛУ
ЖЫЛДАРЫ

ҚАРЖЫЛАНДЫРУ
СОМАСЫ

«Стефан типіндегі электрлік байланыс есептеріндегі термоэлектрлік эффекттері»

PhD, Ассистент-профессор
Наурыз Тарғын Атанбекұлы

2025 – 2027

102, 535616 млн. теңге:
2025 – 33,95697827 млн. теңге, 2026 – 34,79830287 млн. теңге,
2027 – 33,78033486 млн. теңге

ЖОБАНЫҢ РЕФЕРАТЫ
(АБСТРАКТ)

Жобаның мақсаты коммутация кезінде электр құрылғыларының электр контактілер жүйелеріндегі фазалық ауысулармен жылу алмасу процестерінің динамикасына Томсон, Колер және Пельтиердің термоэлектрлік әсерлерінің әсерін сипаттайтын Стефан типті есептерді шешудің математикалық модельдері мен әдістерін жасау болып табылады. Оларды жүзеге асыру үшін бос шекарасы белгісіз аймақтардағы сәйкес көппараметрлі жылу өткізгіштік есептерін шешудің аналитикалық және жуықтау әдістері жасалуы керек. Алынған шешімдерді талдау термоэлектрлік әсерлер контактілік жылу алмасу процесіне айтарлықтай әсер ететін есептің берілген параметрлерінің диапазонын бағалауға мүмкіндік береді және сәйкес математикалық модельдерді жасау кезінде ескерілуі керек.

Жоба электр құрылғыларының тұйық күйде де, оларды коммутациялау кезінде де электр контактілер жүйелеріндегі фазалық ауысулармен жылу алмасу процестеріне Томсон, Колер және Пельтиердің термоэлектрлік эффекттерінің әсерін сипаттайтын есептерді шешудің математикалық үлгілері мен әдістерін әзірлеу болып табылатын негізгі мәселені шешуге бағытталған. Алынған нәтижелерді талдау төмен ток диапазонында жұмыс істейтін электр құрылғыларында магнитті басқарылатын контактілер, геркондар, герсикондар, сондай-ақ технологияның басқа салаларында жаңа электр байланыс жүйелерін құру бойынша практикалық ұсыныстар беруге мүмкіндік береді, мұнда жылу алмасу процестерін зерттеу және бақылау қажет.

Мұндай көппараметрлі талдауды тиімді жүргізу үшін, инженерлік қолдану үшін қолайлы есептердің аналитикалық және жуық шешімдерін алу қажет.

КҮТІЛЕТІН НӘТИЖЕЛЕР

Жобаны іске асыру нәтижесінде келесі нәтижелер алынады:

- Томсон эффектісін ескере отырып, тұйық гетерогенді электр контактілерінің стационарлық температуралық өрісін сипаттайтын осьсимметриялық модель құрастырылады және оны шешу әдісі әзірленеді.
- Томсон эффектісін ескере отырып, сұйық металдың электрлік байланыс көпірінің температуралық өрісін сипаттайтын математикалық модель жасалады.
- Шешімнің бар екендігі туралы теорема дәлелденеді және Томсон эффектісін ескере отырып, сұйық металдың электрлік жанасу көпірінің температуралық өрісін сипаттайтын сызықты емес жылу теңдеуі үшін Стефан есебін шешу әдісі әзірленеді.
- Идеал емес термиялық контакт жағдайындағы Стефан есебінің шешілу мүмкіндігі зерттеледі және бастапқы балқу изотермасының жағдайына Колер эффектінің әсеріне баға беріледі.
- Пелтье эффектісін ескере отырып, бір-біріне ұқсамайтын контактілерді қыздырудың математикалық моделі әзірленеді және жабық контактілердің қыздыру динамикасына Колер, Пелтье және Джоуль көздерінің әсерінің салыстырмалы бағасы беріледі.
- Фурье және Стефан критерийлерінің үлкен және кіші мәндері үшін термоэлектрлік әсерлерді ескере отырып, аймақ шекарасындағы жылу ағынын анықтау үшін еркін шекарасы бар жылу өткізгіштіктің кері есептерін шешудің асимптотикалық әдістері әзірленеді.
- Цилиндрлік Стефан есебінің шешімі температураға байланысты коэффициенттері бар сызықты емес жылу теңдеуі үшін және цилиндр осіндегі жылу көзі немесе жылу ағындысы жағдайында Томсон эффектісін ескере отырып математикалық модель құрастырылады және ұқсастық шешімі алынады.
- Термоэлектрлік әсерлерді ескере отырып, Стефанның электрлік түйіспе есептерін шешу үшін изотермиялық координаталар әдісі әзірленеді.

ҚОЛ ЖЕТКІЗІЛГЕН НӘТИЖЕЛЕР

Қол жеткізілген нәтижелер:

- Томсон әсерін ескере отырып, тұйықталған әртекті электрлік контактілердің тұрақты температуралық өрісін сипаттайтын осьтік симметриялы модель құрылды. Томсон эффектісін ескере отырып, жабық гетерогенді контактілердегі тұрақты температура және электромагниттік өрістер есебінің математикалық моделі жасалды.
- Томсон эффектісін ескере отырып, сұйық-металл электрконтакт көпірінің температуралық өрісін сипаттайтын математикалық модель жасалды және шешімі алынды;
- Шешімнің бар болу теоремасы дәлелденді және Томсон әсерін ескере отырып, сұйық-металл электрконтакт көпірінің температуралық өрісін сипаттайтын сызықтық емес жылуөткізгіштік теңдеуі үшін Стефан есебін шешу әдісі жасалды. Талдау өлшемсіз айнымалыларды енгізеді және сызықтық емес қарапайым дифференциалдық және интегралдық теңдеулер үшін есепті шекаралық мән есебіне келтіру үшін өзіне ұқсас түрлендіруді пайдаланады. Ұқсастық шешімінің бар болуы мен жалғыздығы сызықтық емес коэффициенттер бойынша тиісті шарттарда бекітілген нүкте теориясын қолдана отырып анықталды. Тұрақты коэффициенттер жағдайы үшін аналитикалық нәтижелер алынды, ал жалпы сызықтық емес жағдай интегралдық тәсілді қолдана отырып қарастырылды. Сонымен қатар, параметрлерге сезімталдықты көрсету үшін Томсон коэффициенттері және температураға сызықтық тәуелді температура коэффициенттері сияқты арнайы жағдайлар қарастырылды;
- Стефан есебінің идеал емес жылулық байланыс жағдайындағы шешілуі зерттеліп, бастапқы балқу изотермасының орнына Колер эффектісінің әсері бағаланды. Контакт бетінде өткізгіш қабықша болған жағдайда тұйықталған контактілерді қыздырудың бастапқы кезеңі екі контактты жартышар арасындағы идеалды емес жылулық контакт үшін жылуөткізгіштік есебі ретінде қарастырылып, онда катод пен анод үшін жылуөткізгіштік теңдеуінің шешімін табу талап етіледі.

ЖОБАНЫҢ МАҚСАТЫ

Жобаның негізгі мақсаты электр құрылғыларының электрлік контактілер жүйелерінде олардың коммутациясы кезіндегі белгісіз еркін шекарасы бар Стефан типті фазалық ауысулармен жылу алмасу процестеріне термоэлектрлік эффектілердің әсерін сипаттайтын математикалық модельдерді әзірлеу, сондай-ақ оларды шешудің аналитикалық және жуықтау әдістерін алу.

Жоба тұйық контактілердің температуралық өрісінен бастап, электр құрылғыларының контакті бірліктерін коммутациялау кездегі процестердің ретті циклін сипаттайтын еркін шекарасы бар электрлік түйіспелі есептердегі термоэлектрлік әсерлерді модельдеу мәселелерін, содан кейін оларды ажырату кезіндегі сұйық металдың электрлік байланыс көпірінің пайда болуын ескере отырып процестердің динамикасын зерттейді.

ЖОБАНЫҢ НЕГІЗГІ ЕСЕПТЕРІ

- ✦ Томсон эффектісін ескере отырып, тұйық гетерогенді электр контактілеріндегі стационарлық температура өрісін модельдеу
- ✦ Томсон және Колер эффектілерін ескере отырып, тұйық идеалды емес контактіні стационарлы емес қыздыруын модельдеу
- ✦ Томсон эффектісін және термофизикалық сипаттамалардың сызықты еместігін ескере отырып, сұйық металдың электрлік байланыс көпірінің температуралық өрісін сипаттайтын математикалық модель құру
- ✦ Идеал емес термиялық байланыс жағдайындағы Стефан есебін қою. Бастапқы балқу изотермасының жағдайына Колер эффектінің әсерін бағалау.
- ✦ Пельте эффектісін ескере отырып, ұқсас емес контактілерді қыздырудың математикалық модельын құру. Тұйық контактілердің қызу динамикасына Колер және Пельте эффектілерінің әсерін салыстырмалы бағалау.
- ✦ Термоэлектрлік әсерлерді ескере отырып, Стефан типті есептерді шешудің асимптотикалық әдістерін зерттеу.
- ✦ Термоэлектрлік эффектілерді және сызықты емес термофизикалық коэффициенттерді ескере отырып, Стефанның электрлік түйіспе есептерін шешуге арналған изотермиялық координаталар әдісін жасау.
- ✦ Термоэлектрлік әсерлерді ескере отырып, шекарадағы жылу ағынын анықтауға арналған кері Стефан есептерді электроконтакты шешудің жуықтау әдістері: вариациялық әдіс, коллокация әдісі, интегралды жылу балансы әдісін жасау.

ТҮЙІНДІ СӨЗДЕР

Термоэлектрлік әсерлері бар электроконтакттивті процестерді модельдеу, Стефан типіндегі тікелей және кері есептер, аналитикалық және жуықтап шешу әдістері, шешімнің асимптоматикасы, Томсон, Келер және Пельтье термоэлектрлік эффектілері

ЗЕРТТЕУ ТОБЫНЫҢ МҮШЕЛЕРІ

№	ТАӨ	Лауазымы	Researcher ID	Scopus Author ID	ORCID
1	Наурыз Т.А.	Жоба жетекшісі	AAD-3279-2019	57192197379	0000-0003-0523-2081
2	Харин С.Н.	БҒҚ 0.5 мөлш.	AAR-2356-2020	6701353063	
3	Шпади Ю.Р.	ЖҒҚ 0.5 мөлш.	AAR-3322-2020	54411284900	0000-0002-0421-7149
4	Кавокин А.А.	ЖҒҚ 0.5 мөлш.	ABA-3640-2021	34876812400	
5	Кулахметова А.Т.	ЖҒҚ 0.5 мөлш.		57202355373	0000-0002-7199-4714
6	Қасабек С.А.	ЖҒҚ 0.5 мөлш.	ABF-9366-2021	56205307400	0000-0002-1714-5850
7	Раев Ж.	КҒҚ 0.5 мөлш.			
8					

ЖОБА БОЙЫНША ЖАРИЯЛАНЫМДАР САНЫ

2025 жылғы зерттеулердің нәтижелері бойынша 2 ғылыми мақала жарияланды, оның ішінде:
Web of Science (Clarivate Analytics) және Scopus дерекқорларына енгізілген импакт-факторы бар халықаралық рейтингтік журналдарда **2** мақала

ЖОБА БОЙЫНША
ЖАРИЯЛАНЫМДАР ТІЗІМІ

АҚПАРАТТЫ ЖАҢАРТУ
КҮНІ

Импакт-факторы бар, Web of Science (Clarivate Analytics) және/немесе Scopus дерекқорларына енгізілген халықаралық рейтингтік журналдарда 2 мақала:

1. **Nauryz, T.A.** Theoretical analysis of nonlinear Stefan problem including internal Joule heat source in cylindrical geometry by fixed point theory. Journal of Fixed Point Theory and Applications. – 2025. – Vol. 27. Art. No. 91. DOI: 10.1007/s11784-025-01244-w (**Web of Science**: IF(2025)=1.1; Квартиль **Q1** Mathematics категориясы, квартиль **Q2** Mathematics, Applied категориясы; **Scopus**: CiteScore(2025)=1.7, процентиль **83** Geometry and Topology категориясы, процентиль **55** Applied Mathematics категориясы)
2. **T.A. Nauryz, S.N. Kharin.** Mathematical modeling and analysis of thermal dynamics in an electrical contact bridge with nonlinear Stefan problem including thermoelectric effect and internal heat source. Results in Applied Mathematics. – 2025. – Vol. 28. Art. No. 100652. DOI: 10.1016/j.rinam.2025.100652. (**Web of Science**: IF(2025)=1.3, квартиль **Q2** Mathematics, Applied категориясы; **Scopus**: CiteScore(2025)=1.9, процентиль **63** Applied Mathematics категориясы).

25 желтоқсан 2025