

## Жоба туралы қысқаша ақпарат

Жоба аты	AP09058430 «Жалған аймақтар мен түйіндес теңдеулерді байланыстыратын Навье-Стокс теңдеулерін шешудің сандық әдістерін әзірлеу» (0121PK00366)
Жоба өзектілігі	Бұл жоба тұтқыр сығылмайтын сұйықтықтың Навье-Стокс сызықтық емес теңдеулері үшін жалған аймақтар әдісінің (ЖАӘ) нұсқаларына салыстырмалы талдау жүргізуге арналған. Кіші және жоғары коэффициенттер бойынша жалғауларға негізделген жалған облыстар әдісінің классикалық нұсқаларымен қатар Ж.Л. Лионс әзірлеген HUM (Hilbert Uniqueness Method) жалпы тәсілін қолдана отырып, ЖАӘ тобы дамиды. Жалған аймақ әдістерінің бірінші тобында қатты өзгеретін коэффициенттері және нашар анықталған матрицасы бар теңдеулерді сандық шешу мәселелері туындайды. Әдістердің екінші тобын қолдануда күрделі шекарасы бар аймақтағы есептеу процесін автоматтандыруда мәселелер туындайды. Жобада қатты өзгеретін коэффициенттері бар теңдеулерді шешудің жаңа итерациялық әдістері жасалады. Жалған аймақтар әдісінің есебін экстремалдыға келтіру және түйіндес теңдеулер әдісін қолдану қарастырылады. Қоса қаржыландыру ұйымы ретінде елімізде танымал геологиялық барлау компаниясы "ЭКОСЕРВИС-С"ЖШС әрекет етеді. Жобаға тартылған мамандар жобаның мақсатына жету үшін жеткілікті ғылыми нәтижелерге ие. Олардың іргелі және қолданбалы бағыттар бойынша жарияланған еңбектері бар. Зерттеу тобының құрамына тек мәлімделген мәселелерді шешумен тікелей айналысатын ғалымдар мен мамандар кіреді.
Жоба мақсаты	Күрделі геометрия аймақтарында Навье-Стокс теңдеулерін сандық шешудің тиімді әдісін құру. Навье-Стокс теңдеулері үшін жалған аймақ әдісін қолдануда пайда болатын қатты өзгеретін коэффициенттері бар эллиптикалық теңдеуді шешудің сандық әдісін жасау. Түйіндес теңдеулер теориясын қолданып нақты шекарада анықталған Лагранж көбейткішімен вариациялық қойылымдағы Навье-Стокс теңдеулеріне арналған жалған аймақтар әдісін жасау.
Жоба міндеттері	Жобаның негізгі міндеті-тұтқыр сығылмайтын сұйықтық үшін Навье-Стокс теңдеуін сандық шешу кезінде туындайтын қиындықтарды шешу. Бірінші қиындық физикалық тұжырымда мәселенің болмауына байланысты қысым жасау үшін шекаралық жағдайды орнатумен байланысты. Екінші қиындық-интегралданатын аймақтың күрделі қисық сызықты шекаралары. Осы қиындықтарды жеңу үшін осы жобада Навье-Стокс теңдеуін сандық шешу үшін

	жалған аймақтардың тиімді әдістері жасалады, оның негізгі идеясы қисық сызықты шекарасы бар салалардағы есептерді шешуден есептерді шешуге немесе шекараларының пішіні қарапайым болатын аудандардағы есептер тізбегіне көшу болып табылады.
Күтілетін және қол жеткізілген нәтижелер	<p>Навье-Стокс теңдеулері үшін ЖАӨ-ның екі тобына салыстырмалы талдау жасалады. ЖАӨ көмекші есебінің жуықтау, тұрақтылық және конвергенция мәселелері қатаң математикалық түрде зерттеледі. Модельдік есептің мысалын қолдана отырып, теңдеу коэффициенттерінің кең ауқымында және ЖАӨ-ның шағын параметрінде сандық есептеулер жүргізіледі. Навье-Стокс теңдеулер жүйесін жалған облыстар әдістерімен сандық шешу үшін қолданбалы бағдарламалар кешені құрылатын болады. Қолданбалы бағдарлама объектіге бағытталған бағдарламалауды және пайдаланушылармен жаңа буын интерфейсін қолдана отырып жасалады. Осылайша, жобаны іске асыру нәтижесінде Дифференциалдық және айырмашылық деңгейіндегі Навье-Стокс теңдеулеріне арналған ЖАӨ теориялық зерттеулері қарастырылады, сандық іске асырудың тиімді алгоритмдері құрылады, Заманауи бағдарламалау өнерін қолдана отырып бағдарламалық қамтамасыздандыру жасалады, есептерді шешу сандарға жеткізіліп, графикалық түрде ұсынылады. Жобада алынған нәтижелер маңызды, өйткені Навье-Стокс теңдеулері көптеген құбылыстардың физикасын сипаттайды және ұлттық және халықаралық масштабта индустриялық дамудың ғылыми мәселелері мен технологиялық мәселелерін шешу үшін қолданылады. Бұл теңдеулер ауа-райының болжамын, ауаның ластануын, мұхиттағы күрделі ағындарды, құбырдағы сұйықтық ағындарын және қанат профилінің айналу есептерін модельдеу үшін қолданылады. Навье-Стокс теңдеулері ұшақтар мен автомобильдердің жетілдірілген формасын жобалауда, қан тамырларын және басқа да көптеген процестерді талдауда және зерттеуде қолданылады. Максвелл теңдеулерімен бірге оларды магниттік гидродинамикада модельдеу және зерттеу үшін қолдануға болады. Навье-Стокс теңдеулері де таза математикалық мағынада үлкен ғылыми қызығушылық тудырады, яғни үш өлшемді жағдайда шешімнің болуы мен тегістігі мәселесі әлі де ашық.</p>
Зерттеу тобы мүшелерінің аты-жөні, идентификаторлары (Scopus Author ID, Researcher ID, ORCID, бар болса) және сәйкес профильдерге сілтемелер	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Темирбеков Алмас Нурланович, PhD, қауымдастырылған профессор, Scopus h-index:5, Web of Science h-index:2, Web of Science ResearcherID: ECD-5970-2022, Scopus Author ID: <a href="#">56436563100</a>, ORCID: 0000-0002-4157-2799</li> <li>2. Касенов Сырым Еркинович, PhD қауымдастырылған профессор, Scopus h-index: 5, Web</li> </ol>

	<p>of Science h-index: 2, Web of Science ResearcherID: S-2074-2019, <a href="https://orcid.org/0000-0002-0097-1873">https://orcid.org/0000-0002-0097-1873</a>, Scopus Author ID: 55964589700</p> <p>3. Темирбекова Лаура Нурлановна, PhD, Scopus h-index: 4, Web of Science h-index: 1, Web of Science ResearcherID: P-7049-2017, <a href="https://orcid.org/0000-0003-2456-9974">https://orcid.org/0000-0003-2456-9974</a>, Scopus Author ID: 55508043100</p> <p>4. Тамабай Динара Оразбекқызы, магистр, Scopus h-index: 1, Web of Science h-index: 1, <a href="https://orcid.org/0000-0001-8315-5849">https://orcid.org/0000-0001-8315-5849</a>, Web of Science ResearcherID: IRU-3078-2023, Scopus Author ID: 58192775000</p>
Жарияланымдар тізімі (URL, DOI көрсетілген)	<p>1 Temirbekov A., Malgazhdarov Y., Tleulessova A., Temirbekova L. Fictitious domain method for the Navier-Stokes equations// Известия НАН РК, серия «физико-математическая». – 2021.-№3(337). – С.128-137. <a href="https://doi.org/10.32014/2020.2518-1726.55">https://doi.org/10.32014/2020.2518-1726.55</a> (КОКСОН МНВО РК).</p> <p>2 Kasenov S.E., Temirbekov A.N., Satybaev A. Zh., Temirbekova L.N. Application of the fictitious domain method for ordinary differential equations // Вестник КазНПУ им. Абая, серия «физико-математические науки». – 2021. №2(74). – С.5-12. <a href="https://doi.org/10.51889/2021-2.1728-7901.01">https://doi.org/10.51889/2021-2.1728-7901.01</a> (КОКСОН МНВО РК).</p> <p>3 Temirbekov L.N., Malgazhdarov E.A. Creation and evaluation of the structures grid in curvilinear areas// Вестник КазНУ им. аль-Фараби, серия «математика, механика, информатика». – 2021.-№3(111).-С.122-131. <a href="https://doi.org/10.26577/JMMCS.2021.v111.i3.10">https://doi.org/10.26577/JMMCS.2021.v111.i3.10</a> (КОКСОН МНВО РК).</p> <p>4 Temirbekov A., Kasenov S., Temirbekova L. Fictitious domain method for atmosphere boundary layer model. 5th International Conference of Mathematical Sciences (ICMS 2021) 23-27 June 2021, Maltepe University, Istanbul, Turkey. – 2021. – P.97.</p> <p>5 Темирбеков А. Н., Касенов С. Е. Численная реализация метода фиктивных областей для уравнения эллиптического типа// Вестник НИА РК. –2022.-№3(85). – С.168-181. <a href="https://doi.org/10.47533/2020.1606-146X.188">https://doi.org/10.47533/2020.1606-146X.188</a> (КОКСОН МНВО).</p> <p>6 Temirbekov A., Zhaksylykova Z., Malgazhdarov Y., Kasenov S. Application of the fictitious domain method for Navier-Stokes equations. Computers, Materials and Continua. –2022. -Vol.73, N.1.- P.2035–2055. <a href="https://doi.org/10.32604/cmc.2022.027830">https://doi.org/10.32604/cmc.2022.027830</a> (Scopus procentile – 78, SJR=0.525, Scopus quartile – Q1, Web of Science quartile - Q2, IF=3.1).</p> <p>7 Temirbekov A., Altybay A., Temirbekova L., Kasenov S. Development of parallel implementation for the Navier-</p>

	<p>Stokes equation in doubly connected areas using the fictitious domain method. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. –2022. -Vol. 2, Issue4(116).- P.38–46. <a href="https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254261">https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254261</a> (Scopus procentile – 47, SJR= 0.283, Scopus quartile - Q3).</p> <p>8 Temirbekov A., Kasenov S., Temirbekova L. Development of a computational algorithm for the numerical solution of the Navier-Stokes equations by the fictitious domain method. 6th International Conference of Mathematical Sciences (ICMS 2022) 20-24 July 2022, Maltepe University, Istanbul, Turkey. – 2022. – P.60.</p> <p>9 Temirbekov A., Kasenov S., Temirbekova L. Fictitious domain method for atmosphere boundary layer model. AIP Conference Proceedings Volume 2483, Article number 060009. –2022. <a href="https://doi.org/10.1063/5.0115504">https://doi.org/10.1063/5.0115504</a> (Scopus procentile – 15, SJR= 0.164, Scopus quartile – Q4).</p> <p>10 Temirbekov A., Malgazhdarov Y., Kasenov S., Temirbekova L. Application of the fictitious domain method for Navier-Stokes equations in natural variables. Proceedings of the 8th international conference on control and optimization with industrial applications (COIA 2022) 24-26 August 2022, Baku, Azerbaijan . – 2022.-Vol. 2.- P.459-461.</p> <p>11 Temirbekov A.N., Temirbekova L.N., Zhumagulov B.T. Fictitious domain method with the idea of conjugate optimization for non-linear Navier-Stokes equations. Applied and Computational Mathematics. –2023.-Vol. 22, Issue 2.-P.172–188. <a href="https://doi.org/10.30546/1683-6154.22.2.2023.172">https://doi.org/10.30546/1683-6154.22.2.2023.172</a> (Scopus procentile – 98, SJR=1.191, Scopus quartile - Q1, Web of Science quartile – Q1, IF=10).</p> <p>12 Temirbekov A., Zhumagulov, B. Variational methods for constructing iterative algorithms. AIP Conference Proceedings Volume 2781, Article number 020060. - 2023. <a href="https://doi.org/10.1063/5.0144819">https://doi.org/10.1063/5.0144819</a> (Scopus procentile – 15, SJR= 0.164, Scopus quartile – Q4).</p>
Патент туралы ақпарат	-