

**«8D05401 (6D060100) – Математика» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған Толеуов Тимур Жаксылыковичтің «Бакли – Леверетт моделі негізінде екіфазалық араласпайтын флюидтер ағысы үшін Риман есебінің жуық шешімдері» тақырыбындағы диссертациясына**

**Ресми рецензенттің жазбаша пікірі**

р/н №	Өлшемшарттар	Өлшемшарттарға сәйкестігі (жауап нұсқаларының бірін сызу)	Ресми рецензенттің ұстанымына негіздеме (ескертуді курсивпен көрсету)
1.	Диссертация тақырыбының (бекіту күніне) ғылымның даму бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкес болуы	<p>1.1 Ғылымды дамытудың басым бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі:</p> <p>1) <u>диссертация мемлекет бюджетінен қаржыландырылатын жобаның немесе нысаналы бағдарламаның аясында орындалған (жобаның немесе бағдарламаның атауы мен нөмірін көрсету);</u></p> <p>2) диссертация басқа мемлекеттік бағдарлама аясында орындалған (бағдарламаның атауын көрсету);</p> <p>3) диссертация Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы Жоғары ғылыми-техникалық комиссия бекіткен ғылым дамуының басым бағытына сәйкес (бағытын көрсету) келеді.</p>	<p>Диссертация ҚР Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің 2025–2027 жылдарға арналған гранттық қаржыландыру жобасы аясында орындалған: «Геофизикалық мониторингтің сенімді схемаларын әзірлеу мақсатында табиғи және антропогендік әсерлер нәтижесінде толқындық сейсмикалық өрістердегі кеуекті серпімді сұйықтық қаныққан орталардың механикалық касиеттерінің өзгергіштігін болжамды сандық модельдеу», жоба № AP26196267.</p> <p>Сонымен қатар диссертация Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы Жоғары ғылыми-техникалық комиссия бекіткен ғылым дамуының басым бағыттарына, атап айтқанда жаратылыстану ғылымдары саласындағы іргелі және қолданбалы зерттеулерге, сондай-ақ математикалық және сандық модельдеу бағытына сәйкес келеді.</p>
2.	Ғылым үшін маңыздылығы	Жұмыс ғылымға елеулі үлесін қосады/қоспайды, ал оның маңыздылығы ашылған/ашылмаған.	Жұмыс ғылымға елеулі үлес қосады, ал оның маңыздылығы толық ашылған. Диссертацияда алынған нәтижелер екіфазалық сүзгілеу процестерін математикалық модельдеу, Бакли–Леверетт тендеуі үшін Риман есебінің жуық шешімдерін зерттеу және сандық әдістерді дамыту тұрғысынан ғылыми құндылыққа ие.
3.	Өзі жазу принципі	<p>Өзі жазу деңгейі:</p> <p>1) жоғары;</p> <p>2) орташа;</p> <p>3) төмен;</p> <p>4) өзі жазбаған.</p>	Диссертация автордың зерттеу тақырыбын терең меңгергенін және ғылыми нәтижелерді өз бетінше жүйелі түрде тұжырымдай алғанын көрсетеді. Жұмыс ғылыми стильде жазылған, құрылымы сақталған және негізгі тұжырымдар нақты баяндалған.
4.	Ішкі принцип бірлік	<p>4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі:</p> <p>1) негізделген;</p> <p>2) ішінара негізделген;</p> <p>3) негізделмеген.</p> <p>4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды:</p> <p>1) айқындайды;</p> <p>2) ішінара айқындайды;</p> <p>3) айқындамайды.</p> <p>4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді:</p> <p>1) сәйкес келеді;</p>	<p>Диссертацияның өзектілігі екіфазалық араласпайтын флюидтердің кеуекті ортадағы қозғалысын математикалық және сандық модельдеудің теориялық әрі қолданбалы маңызымен айқындалады. Зерттеу бағыты сүзгілеу теориясы, мұнай қабаттарын модельдеу және гиперболалық тендеулер үшін Риман есебін зерттеу мәселелерімен тығыз байланысты.</p> <p>Диссертация мазмұны зерттеу тақырыбына толық сәйкес келеді және оның негізгі ғылыми бағытын ашады. Жұмыста Бакли–Леверетт моделі, екіфазалық сүзгілеу процестері және Риман есебінің жуық шешімдерін зерттеу мәселелері жүйелі түрде қарастырылған.</p> <p>Диссертацияның мақсаты мен міндеттері зерттеу тақырыбымен тікелей байланысты және жұмыстың негізгі ғылыми бағытын толық ашады. Қойылған міндеттер Бакли–Леверетт моделі негізінде екіфазалық сүзгілеу процестері үшін Риман есебінің жуық шешімдерін зерттеуге бағытталған.</p>

		2) ішінара сәйкес келеді; 3) сәйкес келмейді.	
		4.4. Диссертацияның барлық бөлімдері мен ережелері логикалық байланысқан: 1) <u>толық байланысқан</u> ; 2) ішінара байланысқан; 3) байланыс жоқ.	Диссертацияның барлық бөлімдері зерттеудің мақсаты мен міндеттеріне сәйкес бірізді құрылған. Теориялық негіздер, математикалық модельдер, сандық әдістер және алынған нәтижелер өзара логикалық байланысып, жұмыстың ғылыми тұтастығын қамтамасыз етеді.
		4.5 Автор ұсынған жаңа шешімдер (қағидаттар, әдістер) дәлелденіп, бұрыннан белгілі шешімдермен салыстырылып бағаланған: 1) <u>сыни талдау бар</u> ; 2) талдау ішінара жүргізілген; 3) талдау өз пікіріне емес, басқа авторлардың сілтемелеріне негізделген; 4) талдау жоқ.	Автор ұсынған жаңа әдістер мен шешімдер теориялық тұрғыдан негізделіп, сандық эксперименттер арқылы дәлелденген. Сонымен қатар, алынған нәтижелер бұрыннан белгілі тәсілдермен салыстырылып, олардың тиімділігі мен қолдану мүмкіндіктері бағаланған.
5.	Ғылыми жанашылдық принципі	5.1 Ғылыми нәтижелер мен ережелер жаңа ма? 1) <u>толығымен жаңа</u> ; 2) ішінара жаңа (25-75% жаңа); 3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	Диссертацияда ұсынылған ғылыми нәтижелер мен негізгі ережелер автордың дербес зерттеулеріне негізделген. Олар Бакли–Леверетт моделі бойынша екіфазалық сүзгілеу процестерін және Риман есебінің жуық шешімдерін зерттеу бағытында жаңа ғылыми тұжырымдар ретінде бағаланады.
		5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа ма? 1) <u>толығымен жаңа</u> ; 2) ішінара жаңа (25-75% жаңа); 3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	Диссертацияда алынған қорытындылар автордың жүргізген теориялық талдауы, құрылған математикалық модельдері және сандық есептеу нәтижелері негізінде тұжырымдалған. Олар екіфазалық сүзгілеу процестері үшін Бакли–Леверетт моделі мен Риман есебінің жуық шешімдерін зерттеу бағытына жаңа ғылыми үлес қосады.
		5.3 Техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқару шешімдері жаңа және негізделген бе? 1) <u>толығымен жаңа</u> ; 2) ішінара жаңа (25-75% жаңа); 3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	Ұсынылған шешімдер диссертацияның мақсаты мен зерттеу міндеттеріне сәйкес әзірленген және ғылыми тұрғыдан негізделген. Олар екіфазалық сүзгілеу процестерін математикалық және сандық модельдеу тәсілдерін жетілдіруге бағытталған жаңа нәтижелер ретінде бағаланады.
6.	Негізгі қорытындылардың негізділігі	Барлық негізгі қорытындылар ғылыми тұрғыдан қарағанда ауқымды дәлелдемелерде <u>негізделген</u> /негізделмеген (qualitative research (квалитатив ресеч) және өнер және гуманитарлық ғылымдар бойынша даярлық бағыттары үшін).	Барлық негізгі қорытындылар ғылыми тұрғыдан негізделген. Олар диссертацияда келтірілген теориялық талдауларға, математикалық модельдерге, сандық есептеу нәтижелеріне және салыстырмалы талдауларға сүйенеді. Алынған нәтижелер жұмыстың мақсаты мен міндеттеріне сәйкес келеді және жеткілікті дәлелдемелермен расталған.
7.	Қорғауға шығарылған негізгі ережелер	Әрбір ереже бойынша келесі сұрақтарға жеке жауап беру қажет: 7.1 Ереже дәлелденді ме? 1) <u>дәлелденді</u> ; 2) шамамен дәлелденді; 3) шамамен дәлелденбеді; 4) дәлелденбеді;	Қорғауға ұсынылған диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері: – Бакли – Леверетт теңдеуі үшін Риман есебінің энтропиялық шешімдерінің бар болуы, жалғыздығы және $L^1$ -орнықтылығы дәлелденген; – Бакли – Леверетт теңдеуі үшін Риман есебінің жойылатын тұтқырлық әдісі арқылы алынған жуық шешімдерінің энтропиялық шешімге жинақталуы және соққы қабатының жүгірмелі толқын типті құрылымы анықталған;

		<p>5) бұл тұжырымда ереженің дәлелденгенін тексеру мүмкін емес. 7.2 Тривиалды ма? 1) <u>ия</u>; 2) жок; 3) бұл тұжырымда ереженің тривиалды екенін тексеру мүмкін емес. 7.3 Жана ма? 1) <u>ия</u>; 2) жок; 3) бұл тұжырымда ереженің жаңашылдығын тексеру мүмкін емес. 7.4 Қолдану деңгейі: 1) тар; 2) орташа; 3) <u>кең</u> 4) бұл тұжырымда ереженің қолдану деңгейін тексеру мүмкін емес. 7.5 Мақалада дәлелденген бе? 1) <u>ия</u>; 2) жок 3) бұл тұжырымда мақаладағы ереженің дәлелденгенін тексеру мүмкін емес.</p>	<p>– кеуекті ортадағы екіфазалық ағыстар үшін қысымға тәуелді тұтқырлықты ескеретін кеңейтілген математикалық моделі әзірленген; – екінші ретті дербес туындылы дифференциалдық теңдеу үшін екіфазалық сүзгілеудің тура және кері есептерін сандық шешу әдістері ұсынылған; – Бакли – Леверетт теңдеуі үшін Риман есебінің жуық шешімдерін есептеуге арналған сандық алгоритмдері ұсынылып, олардың жинақтылық қасиеттері негізделген.</p>
8.	Дәйектілік қағидаты. Дереккөздер мен ақпараттың дәйектілігі	<p>8.1 Әдіснаманы тандау – негізделген немесе әдіснама нақты жазылған: 1) <u>ия</u>; 2) жок.</p> <p>8.2 Диссертация жұмысының нәтижелері компьютерлік технологияларды қолдану арқылы ғылыми зерттеулердің қазіргі заманғы әдістері мен деректерді өңдеу және интерпретациялау әдістемелерін пайдалана отырып алынған: 1) <u>ия</u>; 2) жок.</p> <p>8.3 Теориялық қорытындылар, модельдер, анықталған өзара байланыстар және заңдылықтар эксперименттік зерттеулермен дәлелденген және расталған (педагогикалық ғылымдар бойынша даярлау бағыттары үшін нәтижелер педагогикалық эксперимент негізінде дәлелденеді): 1) <u>ия</u>; 2) жок.</p>	<p>Зерттеу әдіснамасы нақты айқындалған және диссертацияның мақсаты мен міндеттеріне сәйкес негізделген. Жұмыста Бакли–Леверетт моделі, Риман есебін талдау, жойылатын тұтқырлық әдісі және сандық модельдеу тәсілдері орынды қолданылған.</p> <p>Жұмыста заманауи компьютерлік технологиялар, сандық есептеу әдістері және нәтижелерді графикалық-салыстырмалы талдау тәсілдері қолданылған. Сандық эксперименттер арқылы алынған нәтижелердің дұрыстығы мен қолданбалы маңызы негізделген.</p> <p>Сонымен қатар, жұмыс аясында Python бағдарламалау тілінде әзірленген «Сүзгілеу есептеріндегі екіфазалық сұйықтық ағыстары моделін тұтқырлықты жою әдісімен талдау» атты бағдарламалық камсыздандыру әзірленіп, оған Қазақстан Республикасы Әділет министрлігінің «Ұлттық зияткерлік меншік институты» берген № 23424 авторлық куәлігі алынған.</p> <p>Диссертацияда алынған теориялық қорытындылар, ұсынылған модельдер мен анықталған заңдылықтар сандық эксперименттер арқылы дәлелденіп, расталған. Есептеу нәтижелері Бакли – Леверетт моделі бойынша Риман есебінің жуық шешімдерінің физикалық және математикалық тұрғыдан негізді екенін көрсетеді. Зерттеу нәтижелері теориялық тұжырымдардың дұрыстығын және оларды екіфазалық сүзгілеу процестерін модельдеуде қолдануға болатынын дәлелдейді.</p>

		8.4 Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған / ішінара расталған / расталмаған.	Жұмыстың маңызды тұжырымдары классикалық және заманауи еңбектер мен зерттеулерді қамтитын нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған.
		8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға жеткілікті/жеткіліксіз.	Диссертацияда пайдаланылған әдебиеттер тізімі жұмыста зерттелген мәселелерге қатысты әдебиеттерге шолу жасау үшін жеткілікті.
9	Практикалық құндылық қағидаты	9.1 Диссертацияның теориялық маңызы: 1) бар; 2) жоқ.	Жұмыста Бакли–Леверетт моделі негізінде екіфазалық араласпайтын флюидтер ағысы үшін Риман есебінің жуық шешімдері зерттеліп, олардың математикалық негізделуі қарастырылған. Алынған нәтижелер гиперболалық теңдеулер теориясын, сүзгілеу процестерін математикалық модельдеу және жуық шешімдер теориясын дамытуға үлес қосады.
		9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары: 1) ия; 2) жоқ.	Диссертацияда алынған жуық шешімдер мен сандық тәсілдер екіфазалық ағыстардағы соққы толқындары, сирету толқындары және қанығу шекараларының қозғалысын дәлірек сипаттауға мүмкіндік береді. Бұл нәтижелер мұнай-газ саласында қабаттағы флюидтердің қозғалысын болжау, мұнайды сумен ығыстыру тиімділігін бағалау және сандық симуляторларды жетілдіру үшін қолданылуы мүмкін. Сонымен қатар, жұмыста қарастырылған әдістер мен алгоритмдер қолданбалы математика, есептеу гидродинамикасы және сүзгілеу теориясы бойынша ғылыми-зерттеу жұмыстарында пайдалануға жарамды. Сондықтан алынған нәтижелердің теориялық қана емес, практикалық қолданылу әлеуеті де жоғары деп есептеймін.
		9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа ма? 1) толығымен жаңа; 2) ішінара жаңа (25-75% жаңа); 3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	Ұсынылған тәсілдер қанығу фронтының қозғалысын, соққы және сирету толқындарының таралуын, сондай-ақ фазалар арасындағы ығыстыру процесін модельдеуге мүмкіндік береді. Бұл ұсыныстар классикалық теориялық нәтижелерді нақты сүзгілеу есептеріне бейімдеп, есептеу алгоритмдерін практикада қолдануға бағытталғанымен ерекшеленеді. Сондықтан диссертация нәтижелері негізінде жасалған практикалық ұсыныстарды екіфазалық сүзгілеу процестерін модельдеу және сандық есептеу әдістерін жетілдіру үшін жаңа ғылыми-практикалық ұсыныстар ретінде қарастыруға болады.
10.	Жазу және рәсімдеу сапасы	Академиялық жазу сапасы: 1) жоғары; 2) орташа; 3) орташадан төмен; 4) төмен.	Академиялық жазу сапасы жоғары.
11.	Диссертацияға ескертулер	жоқ	Диссертация мемлекеттік тілде анық әрі ғылыми талаптарға сай жазылған. Алынған нәтижелер математикалық аппарат негізінде дәл тұжырымдалып, толық әрі қатаң дәлелденген.
12.	Докторант макалаларының зерттеу тақырыбы бойынша ғылыми деңгейі (диссертация макалалар сериясы нысанында қорғалған жағдайда ресми рецензенттер докторанттың зерттеу тақырыбы бойынша әр макаласының ғылыми деңгейін зерделейді)		Докторанттың макалаларының ғылыми деңгейі зерттеу тақырыбына сәйкес келеді. Диссертация тақырыбы бойынша 11 жұмыс жарияланған, оның ішінде 4 мақала Scopus және Web of Science мәліметтер базаларында индекстелген рейтингтік ғылыми журналда, 2 мақала Scopus мәліметтер базасында индекстелетін шетелдік конференция материалдарында, 5 жарияланым алыс-жақын шетелдік халықаралық конференциялар жинақтары мен журналдарында жарияланған. 1. Orazbayev B., Orazbayeva K., Makhatova V., Ospanov E., Tuleuova R., Kulmagambetova Zh., Toleuov T., Mukatayev N. Methods of Constructing Models and Optimizing the Operating Modes of a Chemical Engineering System for the Production of Benzene in a Fuzzy Environment // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2021. – Vol. 2, №2. – P. 78–88. (Scopus: Q2, 56%) <a href="https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.226167">https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.226167</a> 2. Aldanov Y., Toleuov T., Tasbolatuly N. Construction of approximate solutions to the Riemann problem for two-phase flow of immiscible liquids by modifying the vanishing viscosity method

		<p>// Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2022. – Vol. 3, №4. – P. 40–48. (Scopus: Q3, 48%)  <a href="https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.258098">https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.258098</a></p> <p>3. Aldanov Y., <b>Toleuov T.</b>, Tasbolatuly N. Approximate solutions of the Riemann problem for a two-phase flow of immiscible liquids based on the Buckley-Leverett model // Bulletin of the Karaganda University. Mathematics Series. – 2022. – Vol. 106, №2. – P. 4–17. (Scopus: Q2, 53%; WOS: Q2, 67.1%)  <a href="https://doi.org/10.31489/2022m2/4-17">https://doi.org/10.31489/2022m2/4-17</a></p> <p>4. <b>Timur Toleuov</b>, Aliya Sakhabaeva, Zharasbek Baishemirov, Dinara Sadirbekova. Problems of two-phase immiscible liquids and methods for their solution // Mathematical Modelling of Engineering Problems. – 2025. – Vol. 12, №6. – P. 2069–2076. (Scopus: Q3, 43%) <a href="https://doi.org/10.18280/mmep.120622">https://doi.org/10.18280/mmep.120622</a></p> <p>5. Ospanov Y., Moldasheva Zh., <b>Toleuov T. Zh.</b>, Shuteyeva G., Demyanenko A., Seidaliev A. Automated systems for main oil pipelines diagnostics and control // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (United Kingdom). – 2021. – Vol. 1047, №1. – P. 1–6 (Scopus: Q3, 35%)  <a href="https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1047/1/012145">https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1047/1/012145</a></p> <p>6. Kereyev A., Atanov S., <b>Toleuov T.</b> The Usage of Extended Kalman Filter to Increase Navigation Accuracy of Mobile Units in Closed Spaces // T2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST). – 2021. – P. 334–338.  <a href="https://doi.org/10.1109/SIST50301.2021.9465903">10.1109/SIST50301.2021.9465903</a></p> <p>7. Orazbayev B., Ospanov Y., Orazbayeva K., Makhatova V., Kurmangazyeva L., Utenova B., Mailybayeva A., Mukatayev N., <b>Toleuov T.</b>, Tukpatova A. System concept for modelling of technological systems and decision making in their management // Monograph. Kharkiv: PC TECHNOLOGY CENTER. – 2021. – P. 1–180. ISBN PDF: 978-617-7319-34-3; ISBN Hardcover: 978-617-7319-33-6. <a href="https://doi.org/10.15587/978-617-7319-34-3">https://doi.org/10.15587/978-617-7319-34-3</a></p> <p>8. Мухамбетжанов С.Т., <b>Толеуов Т.Ж.</b> О применении метода параллельной прогонки для систем скважин, определенных на графах // Международная научная конференция «Проблемы прикладной математики и информатики». – Актобе, Казахстан, 2017. – стр. 292–296.</p> <p>9. Мухамбетжанов С.Т., <b>Толеуов Т.Ж.</b> О приближенном методе решения одной обратной задачи теории фильтрации // Международная научно-практическая интернет-конференция «Тенденции и перспективы развития науки и образования в условиях глобализации». Выпуск 48, Переяслав-Хмельницкий, Украина. – 2019. – стр. 137–141.</p> <p>10. Мухамбетжанов С.Т., Юлдашев З.Х., <b>Толеуов Т.Ж.</b> О приближенной модели теории изотермической фильтрации // Международная научная конференция «Актуальные проблемы прикладной математики и информационных технологий», Ташкент, Узбекистан. – 2019. – стр. 89–91.</p> <p>11. <b>Толеуов Т.Ж.</b> Бакли – Лверетт моделі негізінде екіфазалық араласпайтын флюидтер ағысы үшін Риман есебінің колданыстары // Қазақстан математиктерінің бірінші конгресі. Тезистер жинағы. Алматы: Математика және математикалық моделдеу институты. – 2026. – 139-141 бб.</p>
13.	Ресми рецензенттің шешімі (осы ереженің 3.23-тармағына сәйкес)	Толеуов Тимур Жаксылыковичке «8D05401 (6D060100) – Математика» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін беру үшін Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитетіне ұсыныс жасау

Ресми рецензент  
 Қазақстан Республикасының Ұлттық инженерлік академиясының вице-президенті,  
 физика-математика ғылымдарының докторы,  
 профессор



*Handwritten signature of N.M. Temirbekov*

Н.М. Темирбеков

*Профессор Н.М. Темирбеков  
 Ғылым рәсми  
 Бөксембаев Н.Т. 15.06.26*