Жоба туралы қысқаша ақпарат

Жоба аты	AP23490543 Тау-кен өнеркәсібіндегі мәселелерді шешу үшін күрделі жағдайларда сызықты емес деформацияланатын жүйелер мен гетерогенді наноқұрылымдардың динамикасын модельдеу
Жоба өзектілігі	Зерттеудің өзектілігі тау-кен өнеркәсібінде қолданылатын деформацияланатын жүйелер мен наноқұрылымдардың, газ ағындары, сейсмикалық толқындар, температуралық өрістер мен әртүрлі жүктеме сценарийлері жағдайындағы олардың қозғалысының сызықты емес модельдерін жасау арқылы қауіпсіз және тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз ету және соңғы ақпарат пен есептеуіш технологияларды пайдалана отырып бағдарламалық модульдер мен кешендерді құру талаптарымен анықталады.
Жоба мақсаты	Қоршаған ортаның күрделі жағдайларындағы бұрғылау жабдықтарының серпімді стерженьді жүйелерінің, жерасты құрылымдарының және арқалық типті наноқұрылымдардың динамикасы есептеріндегі табиғаты әртүрлі бейсызықтығы бар деформацияланатын құрылымдардың жаңа математикалық модельдерін әзірлеу; оларды көппараметрлік және құрылымдық талдау әдістерін дамыту; зерттелетін объектілердің динамикалық сипаттамаларын, сенімділігін және динамикалық тұрақтылығын анықтауға арналған бағдарламалық модульдерді әзірлеу.
Жоба міндеттері	1. Белгілі серпімді потенциалдар негізінде физикалық сызықты емес орталардың серпімді деформациясының 3 өлшемді моделін жасау. Жалпыланған модельден деформацияның әртүрлі типтері бар өзек жүйелеріне көшу. Шекті деформацияларды есепке алу. 2. Физикалық және геометриялық сызықты емес стержендік құрылымдар қозғалысының әзірленген үлгілерін сандық модельдеу және талдау. Стержендік жүйелер динамикасына бейсызықтылық түрлерінің әсерін талдау. 3. Қоршаған ортаның әсері (газ ағынымен айнала ағу) жағдайында біртекті емес қасиеттері бар өнеркәсіптік жабдықтың айналмалы өзек элементтеріне қатысты стержендік құрылымдардың әзірленген математикалық модельдерін құру және дірілден қорғау құралдары ретінде физикалық сызықты емес элементтерді пайдалану. Олардың сандық талдау әдістерін жасау. 4. Статикалық және динамикалық жүктемелердің әсерінен сызықты емес сипаттамалары бар құбыр жүйелерінің жерасты құрылыстарының динамикасын модельдеу.

	5. Үш компонентті сейсмикалық толқынның әсерінен жерасты құрылыстарының динамикалық процестерін және кернеулі-деформациялық жағдайын модельдеу. 6. Кинематикалық тізбекке тұрақтандырғыштарды қосу арқылы штанга құрылымының қасиеттерінің өзгермелілігіне байланысты сейсмикалық толқындардың әсерінен бұрғылау тізбегінің дірілден қорғауын модельдеу. 7. Бастапқы кернеулерді ескере отырып, температуралық өрісте сызықты емес деформацияланатын бұрғылау бағандарының қозғалысының математикалық модельдерін құру. Модельдерді сандық талдау. 8. Негізгі және жоғары жиіліктерде сызықты емес деформацияланған бұрғылау тізбегінің резонанстық тербелістерін модельдеу. Олардың амплитудалық-жиілік сипаттамаларын (АЖС) құру. Қозғалыс тұрақсыздығы аймақтарын анықтау. 9. Әртүрлі жүктеу сценарийлерінде сызықты емес деформацияланған бұрғылау тізбегінің қозғалысының тұрақсыздығын модельдеу. Әрбір жағдай үшін тұрақсыздық аймақтарын анықтау. 10. Рэлей бетіндегі сейсмикалық толқындардың таралуына арналған бағдарламалық модульді әзірлеу. Оның бұрғылау бағандарының динамикасына әсерін бағалау. Нәтижелерді графикалық және анимациялық түрде ұсыну мүмкіндігі бар, үш компонентті сейсмикалық толқындардың әсерінен тармақталған кеңістіктік орналасқан конструкциялардағы динамикалық процестерді модельдеуге арналған бағдарламалық кешенді құру. 11. Түрлі табиғаттың сызықты еместігін ескере отырып, наномеханикалық қасиеттері бар стерженділік құрылымдардың қозғалысының моделін құру. Модельді сандық талдау. 12. Қоршаған орта әсерінен сызықты емес өзекшелердің гетерогенді наноқұрылымдарының қозғалысының моделін жасау. Наноқұрылымдардың гетерогенді қасиеттерінің олардың динамикасына әсерін зерттеу.
Күтілетін және қол жеткізілген нәтижелер	**Күтілетін нәтижелер:** физикалық сызықты емес орталардың серпімді деформациясының 3D моделі әзірленеді, жалпылама модельден деформацияның әртүрлі типтері бар стерженділік жүйелерге көшу жүргізіледі; сандық модельдеу және әзірленген модельдерді талдау, стерженьдік жүйелердің динамикасына бейсызық түрлерінің әсерін талдау; әзірленген модельдерді және оларды сандық талдау әдістерін әзірлеу қоршаған ортаның және дірілден қорғау құралдарының әсерінен біртекті емес қасиеттері бар өнеркәсіптік жабдықтың штангалық

	элементтеріне қатысты жүргізілді; статикалық және динамикалық жүктемелердің әсерінен сызықты емес сипаттамалары бар құбыр жүйелерінің жерасты құрылыстарының динамикасын модельдеу жүргізілді; динамикалық процестерді және үш компонентті сейсмикалық толқынның әсерінен жерасты құрылыстарының кернеулі-деформациялық жағдайын модельдеу жүргізілді; штанга құрылымының қасиеттерінің өзгермелілігіне байланысты сейсмикалық толқындардың әсерінен бұрғылау тізбегінің дірілден қорғауын модельдеу жүргізілді; бастапқы кернеулерді ескере отырып, температуралық өрісте модельдерді әзірлеу және сандық талдау жүргізілді; сызықты емес деформацияланған бұрғылау тізбегінің резонанстық тербелістерін модельдеу жүргізілді, олардың амплитудалық-жиілік сипаттамалары тұрғызылды; әртүрлі тиеу сценарийлерінде бұрғылау бағандарының қозғалысының тұрақсыздығын модельдеу жүргізілді; бұрғылау бағандарына әсер етуді бағалаумен сейсмикалық толқындардың таралуына арналған бағдарламалық модуль әзірленді; үш компонентті сейсмикалық толқындардың әсерінен жерасты құрылыстарындағы динамикалық процестерді модельдеу үшін бағдарламалық кешен құрылды; сызықты еместігін ескере отырып, наномеханикалық қасиеттері бар стержендік құрылымдар қозғалысының моделін жасау және сандық талдау жүргізілді; қоршаған ортаның әсерінен сызықты емес өзекшелердің гетерогенді нанокұрылымдарының қозғалысының моделі әзірленді. **Қол жеткізілген нәтижелер:** 1. Белгілі серпімді потенциалдар негізінде физикалық бейсызық орталардың серпімді деформациялануының 3D-моделін дамыту бойынша жұмыстар орындалды. Жалпыланған модельден шекті деформацияларды есепке ала отырып, деформацияланудың әртүрлі типтері бар стерженьді жүйелерге көшу жүзеге асырылды. 2. Физикалық және геометриялық бейсызық стерженьді құрылымдардың математикалық модельдері әзірленді. Стерженьді элементтер деформациялануының ең тән түрлері ретінде олардың тербелістерінің дербес жағдайлары, соның ішінде жазық және кеңістіктік иілуі қарастырылды. Геометриялық және физикалық бейсызықтықтың стерженьді жүйелердің динамикалық мінез-құлқына әсерін талдау жүргізілді. 3. Қоршаған ортаның әсері (газ ағынымен айнала ағу) жағдайында жұмыс істейтін, физика-механикалық қасиеттері әртекті өнеркәсіптік жабдықтардың айналмалы стерженьді элементтеріне қатысты стерженьді құрылымдардың әзірленген

	математикалық модельдері одан әрі дамытылды; сонымен қатар дірілден қорғау құралдары ретінде физикалық бейсызық элементтерді қолдану ескерілді. Әзірленген жалпыланған модельді сандық талдау үшін шоғырланған параметрлер әдісі қолданылды, оның негізінде сандық талдау әдістері одан әрі жетілдірілді. 4. Жерасты құбыр жүйелері құрылымдарының динамикасын модельдеу орындалды. Шекті элементтер әдісін пайдалана отырып, кеңістіктік орналасқан құбыр жүйелерінің дискретті модельдері құрылды. Алынған жай дифференциалдық теңдеулер жүйесін шешу Ньюмарктың айқын емес схемасын қолдану арқылы жүзеге асырылды, оның нақтыланған нұсқасы Бате әдісі болып табылады. 5. Үш компонентті сейсмикалық толқындардың жер асты құрылыстарға әсер етуінің динамикалық процесі мен кернеулі-деформация күйінің модельдеуі жүргізілді. Үш компонентті сейсмикалық толқынның (бойлық, көлденең және тік құраушылары бар) әсер ету жағдайларына қатысты қозғалыстағы бұрғылау тізбектерінің кеңістіктік деформациялануының бейсызық математикалық моделін дамыту ұсынылған. Олардың серпімді өзара әрекеттесу модельдері әзірленді. Шекті деформацияларын есепке ала отырып, бұрғылау тізбегінің кеңістіктік қозғалысының бейсызық моделі құрылды. Сейсмикалық әсердің әртүрлі параметрлері кезінде жүйе динамикасын модельдеу жүргізілді. Талдау нәтижесінде бұрғылау тізбектері мінез-құлқының сапалық және сандық ерекшеліктері, соның ішінде үш компонентті сейсмикалық өріспен бейсызық өзара әрекеттесуден туындаған соғулардың (биение) пайда болуы анықталды. Сондай-ақ, бұрғылау жабдықтары элементтерінің кернеулі-деформацияланған күйіне бағалау жүргізілді, бұл кернеулер шоғырланатын ықтимал аймақтар мен авариялық режимдердің даму қаупі туралы пайымдауға мүмкіндік береді. 6. Сейсмикалық толқындардың әсері кезінде кинематикалық тізбекке тұрақтандырғыштарды (стабилизаторларды) қосу арқылы стерженьді құрылым қасиеттерінің айнымалылығы есебінен бұрғылау тізбектерінің дірілден қорғалуын модельдеу жүргізілді. Сондай-ақ, қоршаған орта факторы ретінде бұрғылау тізбегін айнала ағатын газдың бейсызық ағынының үлесі ескерілді. Ол үшін демпферлік тұрақтандырғышты сипаттау мақсатында резеңке-кордты типті физикалық бейсызық материалдардан жасалған муфтаның динамикалық моделі әзірленді. Шоғырланған параметрлер әдісі негізінде сейсмикалық толқындардың әсерінен бұрғылау тізбектерін дірілден қорғаудың сандық моделі жасалды. Сейсмикалық әсер жағдайында кинематикалық тізбекке қосылған

	тұрақтандырғыштардың бұрғылау тізбегінде туындайтын тербелістерге әсеріне параметрлік талдау жүргізілді. Дірілден қорғаудың максималды тиімділігіне қол жеткізу үшін тұрақтандырғыштардың оңтайлы сипаттамалары мен орналасуы табылды. 7. Бастапқы кернеулерді есепке ала отырып, температуралық өрістегі бейсызық деформацияланатын бұрғылау тізбектері қозғалысының математикалық модельдері әзірленді. Модельдерге сандық талдау жүргізілді. Зерттеу нысаны бойынша әдебиеттерге шолу мен талдау жасалды. Өндіруші өнеркәсіптегі температуралық режимдерді модельдеу тәсілдері қарастырылды. Сызықтық және бейсызық модельдерге талдау жүргізілді. Сұйық ағыны мен температуралық өріс жағдайындағы бастапқы қисықтығы бар бұрғылау бағанасы тербелістерінің бейсызық математикалық моделі әзірленді. Температураның және сыртқы қозудың басқа да динамикалық факторларының бұрғылау тізбектерінің діріл сипаттамаларына әсеріне сандық модельдеу жүргізілді. Температураның көтерілуі тізбек қатаңдығының төмендеуіне және оның еріксіз тербелістері амплитудасының артуына әкелетіні анықталды. 8. Бейсызық деформацияланатын бұрғылау тізбектерінің негізгі және жоғары жиіліктер бойынша резонанстық тербелістерін модельдеу жүргізілді. Олардың амплитудалық-жиіліктік сипаттамалары (АЖС) құрылды. Раусс-Гурвиц критерийі негізінде бұрғылау тізбектері қозғалысының тұрақсыздық аймақтары анықталды. Бұрғылау бағанасының бастапқы қисықтығы мен оған әсер ететін үйкеліс күштерінің жағдайлары қарастырылды. Жоғары жиіліктердегі (екінші және үшінші) резонанстар негізгі жиіліктегі резонанстың АЖС-на түзетулер мен сапалық өзгерістер енгізетіні анықталды. Жоғары жиілік аймақтарында АЖС бифуркациялары байқалады, бұл жасырын резонанстық тербелістердің пайда болу мүмкіндігін көрсетеді. 9. Бейсызық деформацияланатын бұрғылау тізбектері қозғалысының әртүрлі жүктеме сценарийлеріндегі тұрақсыздығына модельдеу жүргізілді. Әрбір жағдай үшін орнықсыздық аймақтары анықталды. Бұрғылау жүйесі негізгі параметрлерінің тұрақсыздық аймақтарына әсері айқындалды. 10. Бұрғылау тізбектерінің динамикасына әсерін бағалау үшін Рэлейдің беттік сейсмикалық толқынының таралуын есептейтін бағдарламалық модульді әзірлеу басталды. Нәтижелерді графикалық және анимациялық түрде ұсыну мүмкіндігі бар, үш компонентті сейсмикалық толқындардың әсерінен тармақталған кеңістіктік орналасқан жерасты

	конструкцияларындағы динамикалық процестерді модельдеуге арналған бағдарламалық кешен жасалуда.
Зерттеу тобы мүшелерінің аты-жөні, идентификаторлары (Scopus Author ID, Researcher ID, ORCID, бар болса) және сәйкес профильдерге сілтемелер	1. Хаджиева Леля Азретовна, жоба жетекшісі, ф.-м.ғ.д., профессор, Хирш индексі = 7; Researcher ID N-4382-2014, ORCID 0000-0002-2565-3409, Scopus Author ID 55779888800. 2. Кыдырбекулы Алматбек Балгабекович, т.ғ.д., профессор м.а., Хирш индексі = 3; Researcher ID HKP-0150-2023, ORCID 0000-0002-8345-7334, Scopus Author ID 55779558700. 3. Андрианов Игорь Васильевич, DSc, профессор, Хирш индексі = 26; Researcher ID G-8772-2016, ORCID 0000-0002-2762-8565, Scopus Author ID 7004511057. 4. Кудайбергенов Аскар Канатович, PhD, Хирш индексі = 6; Researcher ID R-1820-2019, ORCID 0000-0001-9154-9653, Scopus Author ID 57202688443. 5. Кудайбергенов Аскат Канатович, PhD, Хирш индексі = 4; Researcher ID AAR-2337-2020, ORCID 0000-0003-4773-0580, Scopus Author ID 56479154600. 6. Сабирова Роза Фархатовна, техника ғылымдарының магистрі, Хирш индексі = 2; Researcher ID ORI-6021-2025, ORCID 0000-0001-8733-6153, Scopus Author ID 57226890520. 7. Сабирова Юлия Фархатовна, техника ғылымдарының магистрі, Хирш индексі = 2; Researcher ID LTZ-1234-2024, ORCID 0000-0002-3497-0940, Scopus Author ID 57758916300. 8. Гайсин Амир Тахирович, PhD-докторант, Хирш индексі = 1; Researcher ID LPE-6331-2024, ORCID 0000-0001-9114-3143, Scopus Author ID 59385161100. 9. Эфендиев Саид Хабибулаевич, PhD докторанты, ORCID 0000-0001-9114-3143, Scopus Author ID 59692642400. 10. Джантасова Малика, магистрант. 11. Мардонов Батиржан, ф.-м.ғ.д., профессор, Хирш индексі = 6; Researcher ID FKH-2103-2022, Scopus Author ID 6507558443. 12. Мирзаев Илхомжон, ф.-м.ғ.д., профессор, Хирш индексі = 8; ORCID 0000-0002-8616-9717, Scopus Author ID 7801461898.
Қолдану	Жобаның нәтижелері бәсекеге қабілетті болып табылады, тау-кен өнеркәсібінің жабдықтарының модельдері үшін сызықты емес деформацияланатын жүйелер мен наноқұрылымдарды талдау әдістерін дамытуға оң әсер етеді және аспап пен машина жасау, физика мен математикалық модельдеу салаларындағы шешілетін есептер класын кеңейтеді.
Приоритет в сравнении с реальными аналогами	Жобада әзірленетін математикалық бейсызық модельдер әдебиетте белгілі модельдерді жалпылау болып табылады. Өндіруші өнеркәсіпте қолданылатын деформацияланатын жүйелер мен наноқұрылымдардың динамикасын талдау кезінде

	әртүрлі бейсызықтықтарды, сейсмикалық толқындардың әсерін, температуралық ықпалды, әртектілікті, бастапқы кернеулерді есепке алу осы саладағы зерттелетін есептер класын айтарлықтай кеңейтеді және зерттеулерді сапалы жаңа деңгейде жүргізуге мүмкіндік береді.
Жарияланымдар тізімі (URL, DOI көрсетілген)	1. L.A. Khajiyeva, A.T. Gaisin, R.F. Sabirova. Modelling of a drill string motion under seismic impact // Вестник КазНУ им. аль-Фараби. Серия мат., мех., инф. – 2024. – Vol. 123(3). – P. 135–146 (https://doi.org/10.26577/JMMCS2024-v123-i3-11, ҒЖБССҚК ұсынған, CiteScore бойынша процентиль=18). 2. Igor V. Andrianov, Lelya A. Khajiyeva, Askar K. Kudaibergenov, Galina A. Starushenko. On aspects of continualization of 2D lattices antiplane dynamical problem // Mechanics Research Communications. – 2025. – Vol. 148. – P. 1-7 (104480) (https://doi.org/10.1016/j.mechrescom.2025.104480, Q3, CiteScore бойынша процентиль=65). 3. Askat K. Kudaibergenov, Askar K. Kudaibergenov, L. A. Khajiyeva. The effect of a supersonic gas flow on resonance regimes of drill string nonlinear vibrations // WSEAS Transactions on Fluid Mechanics. – 2025. – Vol. 20. – P. 10-19 (https://doi.org/10.37394/232013.2025.20.2, CiteScore бойынша процентиль=37). 4. L.A. Khajiyeva, S.Kh. Efendiyev, A.K. Kudaibergenov, Sh.M. Gabayev. Stability analysis of drill strings with initial curvature in a fluid flow under environmental uncertainty // WSEAS Transactions on Fluid Mechanics. – 2025. – Vol. 20. – P. 63-72 (https://doi.org/10.37394/232013.2025.20.7, CiteScore бойынша процентиль=37). 5. Askar K. Kudaibergenov, Askat K. Kudaibergenov, T.B. Tileuberdi. Prediction of drill string vibrations using machine learning tools. // Вестник КазНУ им. аль-Фараби. Серия мат., мех., инф. – 2025. – Vol. 126, No. 2. – P. 151-163 (https://doi.org/10.26577/JMMCS20251262012, ҒЖБССҚК ұсынған, CiteScore бойынша процентиль=18). 6. S.Kh. Efendiyev, L.A. Khajiyeva, A.K. Kudaibergenov. Stability of drill string nonlinear vibrations in fluid flow and temperature field // WSEAS Transactions on Applied and Theoretical Mechanics. – 2025. – Vol. 20. – P. 184-194 (https://doi.org/10.37394/232011.2025.20.21, CiteScore бойынша процентиль=39). 7. L.A. Khajiyeva A.K., Kudaibergenov, Y.Y. Tleukhabylova. Stability analysis of drill string nonlinear vibrations at higher harmonics // WSEAS Transactions on Applied and Theoretical Mechanics. –

	2025. – Vol. 20. – P. 208-216 (https://doi.org/10.37394/232011.2025.20.23, (CiteScore бойынша процентиль=39). 8. F. Gomez-Silva, I. Andrianov. Finite element implementation of novel low-order continuum models for the dynamics of a mass-in-mass lattice with long-range interactions: A discrete-continuum-discrete approach // Journal of Sound and Vibration. – 2026. – Vol. 630. – P. 1-22 (119696) (https://doi.org/10.1016/j.jsv.2026.119696, Q1, CiteScore бойынша процентиль=90). 9. I.V. Andrianov, L.A. Khajiyeva, S.G. Koblik, A.K. Kudaibergenov. Influence of axial inertia on the behavior of electrically actuated beam on elastic foundation // Continuum Mechanics and Thermodynamics (рецензиялауда). 10. I.V. Andrianov, L.A. Khajiyeva, A.K. Kudaibergenov, G.A. Starushenko. Beam model of MEMS/NEMS accounting for axial inertia and nonlinear curvature. In: Altenbach, H., Mikhlin, Yu., Pierre, C., Avramov, K. (eds.) Nonlinear Vibrations of Engineering Structures and Their Absorption. Advanced Structured Materials (баспада).
Патент туралы ақпарат	жоқ