Жоба туралы қысқаша ақпарат

Жоба аты	ЖКН AP23490402 «Плазмалық ағынның термоядролық энергетикалық реакторлардың камераішілік материалдарымен өзара әрекеттесуін эксперименттік зерттеу».
Жоба өзектілігі	2050 жылға қарай планетаның халқы шамамен 2 миллиардқа артады деп болжануда. Халықтың өсуімен әлемдік энергия тұтыну деңгейі айтарлықтай артады. Қазба отындарының (газ, көмір және мұнай) қоры айтарлықтай шектеулі, ал жаңартылатын энергия көздері ауқымды энергияны сақтаудың технологиялық қиындықтарына тап болады. Электр энергиясына деген қажеттіліктің өсуі жағдайында басқарылатын термоядролық синтез (БТС) бойынша зерттеулер өте өзекті. Перспективалы зерттеулерге қарамастан, ғалымдар бұл процесті бірнеше ондаған жылдар бойы дамытып келеді. Электр энергиясының көзі ретінде термоядролық синтездің потенциалын коммерциялық мақсатта пайдалану бірқатар күрделі ғылыми және инженерлік мәселелерді шешуді талап етеді. Термоядролық синтездің тиімділігі термоядролық энергетикалық реактордың (ТЯЭР) жұмыс істеу ұзақтығына тікелей байланысты. Термоядролық реакция процесінде бөлінетін энергияның қуатты ағыны реактордың ішкі компоненттеріне айтарлықтай әсер етеді және олардың материалдарын бұзады. Әсерлесу кезінде материалдардың қасиеттерін зерттеу өте маңызды. Қатты дененің бетінде болатын элементар процестер туралы мәліметтер алу үшін токамактағы плазманың үзілуін модельдейтін құрылғылар негізінде материалдары сынау қажет екенін атап өткен жөн. Әлемдік ғылыми қоғамдастықта термоядролық зерттеулер үлкен ғылыми және практикалық қызығушылық тудырады. Физикалық зерттеулердің нәтижелері плазма физикасы және материалтану саласындағы ғылымды дамытуға және елдің энергетика саласындағы ғылыми әлеуеті мен бәсекеге қабілеттілігін арттыруға ықпал етеді. Бұдан басқа, басқарылатын термоядролық синтез саласында елеулі нәтижелерге қол жеткізу ғылыми қызметкерлердің кәсіби құзыреттерін дамытуға ықпал етеді.
Жоба мақсаты	Жобаның мақсаты – термоядролық энергетикалық реактордың әртүрлі камераішілік материалдарының қасиеттерін, тұрақтылығын және қондырғының тиімділігін бағалау үшін олардың плазмалық ағынмен өзара әрекеттесуін зерттеу, сондай-ақ ТЯЭР қолданылатын оңтайлы материалдарды анықтау.
Жоба міндеттері	1) «PW-7 импульстік плазмалық үдеткіш» эксперименттік қондырғысының жұмыс режимдерін оңтайландыру: қондырғы тудыратын электромагниттік шуды азайту, жерге қосу жүйесінің функционалдығын арттыру, жинақтаушы конденсаторлардан электромагниттік энергияның электрод жүйесіне берілу тиімділігін жақсарту. 2) ТЯЭР дивертор лық аймағына сәйкес магнит өрісінің конфигурациясына және нысананың (вольфрам, бор нитриді) әртүрлі температурасына байланысты импульстік плазма ағынының өзара әрекеттесуін зерттеу.

	3) Бөгде беткі қабаттың параметрлеріне байланысты вольфрам пластиналарына импульстік плазмалық ағыны әсер еткенде блистерлердің (көпіршіктердің) түзілу процесін зерттеу. 4) «PW-7 импульстік плазмалық үдеткіш» модельдік қондырғыда камераішілік ТЯЭР материалдарының сутектік сынғыштық процесін эксперименттік зерттеу. Өңделген үлгілерді сканерлеуші электронды микроскопия (СЭМ) және рентгендік құрылымдық талдау. 5) Плазманың сұйық металдардың бетімен әрекеттесуі кезінде болатын процестерді зерттеуге арналған эксперименттік қондырғының құрылымдық тораптарын әзірлеу және құрастыру. Сұйық металдан нысаналар жасаудың конструктивті шешімдері мен технологияларын әзірлеу. 6) Сұйық металдардың бетімен импульстік плазмалық ағынның өзара әрекеттесуін эксперименттік модельдеу. Тозаң түзілу процесін зерттеу, беттің күйін талдау және плазмалық өңделген сұйық металдан жасалған нысана массасының азаюын анықтау.
Күтілетін және қол жеткізілген нәтижелер	– Бұрын әзірленген эксперименттік қондырғы жаңартылды, атап айтқанда, электрод және энергия сақтау жүйелері оңтайландырылды, электромагниттік шуылдар деңгейі төмендетілді: жерге қосу жүйесінің функционалдығы арттырылды. – Импульстік плазмалық ағынмен өңдеуге дейін және кейін материалдардың морфологиясы мен бетінің құрылымына сапалық және сандық талдауы жүргізілді. Эрозия және беткі морфологияның өзгеруі плазмалық ағынның қуаты мен энергиясына, импульстар санына, температураға, орналасуға және нысананың конфигурациясына байланысты қарастырылды. – Импульстік плазмалық ағынмен өңдеу кезінде материалдардың бетінде түзілетін блистерлерді (көпіршіктерді) зерттеу жүргізілді. Блистердің қалыптастасуының мүмкін механизмдері, атап айтқанда плазмалық өңдеуден кейін материалдардың бетіне отырған жұқа пленкаларда газдың жиналуына байланысты механизмдер зерттелді. – Сутегі плазмалық ағынымен өзара әрекеттесу кезіндегі материалдардың қасиеттеріне зерттеу жүргізілді. Камераішілік ТЯЭР материалдарының сынғыштығы мен бүлінуіне сутегінің әсері зерттелді. – Импульстік плазмалық ағынның сұйық металдармен өзара әрекеттесуі туралы эксперименттік нәтижелер алынады (эрозия деректері, плазмалық ағынмен өңдеуге дейінгі және кейінгі беттің СЭМ суреттері). Басқарылатын термоядролық синтез қондырғыларында сұйық металдарды пайдалану мүмкіндіктері мен ерекшеліктері қарастырылатын болады. Сұйық металдардың плазмаға әсері зерттеледі. – Сұйық металдардың бетінен тозаң түзілу процесі зерттелетін болады. Тозаңның пайда болуының мүмкін механизмдері зерттелетін болады. Тозаңды бөлшектердің морфологиясы мен құрамы зерттеледі.

Зерттеу тобы мүшелерінің аты-жөні, идентификаторлары (Scopus Author ID, Researcher ID, ORCID, бар болса) және сәйкес профильдерге сілтемелер	*1) Рамазанов Тлеккабул Сабитович* – ф.-м.ғ.д., профессор. Scopus Author ID – 6701328029, Researcher ID – E-2785-2016. https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029, https://www.webofscience.com/wos/author/record/637797 *2) Досболаев Мерлан Қылышұлы* – ф.-м.ғ.к., профессор. Scopus Author ID – 24337997900, Researcher ID – O-2180-2014. https://orcid.org/0000-0002-0724-1793, https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24337997900, https://www.webofscience.com/wos/author/record/1608723 *3) Муратов Мухит Мухаметнурович* – PhD докторы, доцент. Scopus Author ID – 16488595800, Researcher ID – O-2126-2014. https://orcid.org/0000-0001-7270-9834, https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=16488595800, https://www.webofscience.com/wos/author/record/1456695 *4) Тәжен Әйгерім Бегімханқызы* – PhD докторы, доцент м.а. Scopus Author ID – 57199648847, Researcher ID – GEO-0596-2022. https://orcid.org/0000-0002-3277-2086, https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57199648847, https://www.webofscience.com/wos/author/record/30040981 *5) Холмирзаев Абдулла Нуриддинович* – 2 курс докторанты. https://orcid.org/0009-0003-4108-0879, https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=58659919400, https://www.webofscience.com/wos/author/record/52820991
Қолдану	Жобаны іске асыру аясында күтілетін нәтижелер ең маңызды ғылыми-зерттеу міндеттерінің бірі – басқарылатын термоядролық синтез технологиясын меңгеру үшін пайдаланылатын болады. Атап айтқанда, бұл нәтижелер термоядролық реакторға арналған конструкциялық материалдарды таңдау мен дайындауда, плазма профилін оңтайландыруда және плазмалық тұрақсыздықтарды тұрақтандыруда, сондай-ақ ТЯЭР-де шаң түзілу деңгейін бақылауда қолданылатын болады.
Приоритет в сравнении с реальными аналогами	Ұсынылып отырған жоба аясында бор және бор нитриді негізіндегі материалдардан жасалған нысаналарға импульстік плазмалық ағындардың әсері кезінде мүмкін болатын тозаңды бөлшектердің түзілу процестерін зерттеу жоспарлануда. Сонымен қатар, плазмалық ағынның әртүрлі меншікті энергиялары жағдайында радиациялық және жылулық жүктемелердің әсерін анықтау мақсатында нысананың беткі және құрылымдық қасиеттері талданатын болады. Жоба шеңберінде сондай-ақ импульстік плазмалық ағынның бор нитридінен жасалған нысанамен өзара әрекеттесуін зерттеу қарастырылған. Бор негізіндегі материалдар, атап айтқанда гексагональды және кубтық бор нитридтері, жоғары температураға төзімді материалдар болып табылады, нейтрондарды жұту коэффициенті жоғары және тозаңдану дәрежесі төмен жақсы изоляторлар болып саналады. Бор нитриді термоядролық синтез қондырғыларында кейбір құрылымдық элементтерді қорғау материалы ретінде (дивертордың беткі функционалдық қабаты, диэлектрлік қаптамалар, өлшеу құралдарының ұстағыштары және т.б.)

	қолданылуы мүмкін.
Жарияланымдар тізімі (URL, DOI көрсетілген)	*Conferences:* 1) M.K. Dosbolayev, A.B. Tazhen, T.S. Ramazanov. Studies of the formation and distribution of cracks and various defects on the surface of candidate materials of thermonuclear reactors during the influence of a pulsed plasma flux // 8 th Asia-Pacific Conference on Plasma Physics, 3-8 November 2024. – Malacca. https://www.aappsdpp.org/DPP2024/html/3contents/pdf/5210.pdf 2) Тәжен Ә.Б. Исследование воздействия импульсного потока плазмы на материалы термоядерного реактора // Международная научная конференция студентов и молодых ученых «ФАРАБИ ӘЛЕМІ», 4-6 Апрель 2024. – Алматы, с. 373. https://drive.google.com/file/d/1Ka-39aOu63V_zSgs_ElaUusY__VXByAw/view?usp=sharing 3) M.K. Dosbolayev, A.B. Tazhen, A.N. Kholmirzayev, T.S. Ramazanov. Study of dust formation on the surface of a tungsten plate under the influence of plasma flows in the PW-7 installation // Tenth International Conference on the Physics of Dusty Plasmas, 19-23 May 2025. – Eindhoven. https://icpdp2025.dryfta.com/87-program/89-program-icpdp 4) Тәжен Ә.Б. Экспериментальное моделирование взаимодействия плазмы с материалами стенки термоядерного реактора // Международная научная конференция студентов и молодых ученых «ФАРАБИ ӘЛЕМІ», 3-5 Апрель 2025. – Алматы, с. 372. https://drive.google.com/file/d/1KeiPbr3Bngop82fHFHi7BaO-DsyO9cWo/view?usp=sharing *Articles:* A.B. Tazhen, M.K. Dosbolayev, A.N. Kholmirzayev, Y.A. Ussenov, T.S. Ramazanov. Influence of preheating on tungsten damage under pulsed hydrogen plasma exposure // Nuclear Materials and Energy, *Manuscript Number: JNME-D-26-00047. (Under Review).* (Nuclear Materials and Energy – Science Citation Index Expanded базасында индекстелетін және Web of Science деректер базасында 1 (бірінші) квартильге кіретін.).
Патент туралы ақпарат	Пайдалы модельге берілген патент «Оптикалық эмиссиялық диагностика көмегімен разряд температурасын анықтау тәсілі». *Авторлары:* Аширбек А.И., Рамазанов Т.С., Муратов М.М. *Патенттің нөмірі және берілген күні:* № 10220, 21.02.2025 ж.