АҢДАТПА

«8D07103-Жарылғыш заттар мен пиротехниканың химиялық технологиясы» білім беру бағдарламасы бойынша PhD диссертациясы.
Бексұлтан Жансая Бексұлтанқызының диссертациялық жұмыс тақырыбы «Кумулятивті әсердің энергия сыйымды жүйелерін зерттеу».

Жұмыстың жалпы сипаттамалары. Диссертациялық жұмыста аммоний перхлораты (АП) мен карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) негізінде, ауыспалы металдар иондарымен модификацияланған кумулятивті энергетикалық композиттерді әзірлеу және зерттеуге бағытталған зерттеулер кешені жүргізілді. Мұндай материалдардың термиялық ыдырау және жану процестерінің ерекшеліктері анықталып, катализатор табиғатының жүйенің бағытталған жылулық және реакциялық-кинетикалық жауабының қалыптасуына әсері айқындалды.

Ni^{2+} иондарының КМЦ-ның функционалдық топтарымен (–COOH, –OH) өзара әрекеттесуі нәтижесінде тұрақты координациялық кешендер мен жергілікті каталитикалық орталықтар түзілетіні көрсетілді. Бұл орталықтар жылу бөлінудің кумулятивті аймақтарын қалыптастырып, жылуөткізгіштіктің артуына, композициялық материалдың біртектілігінің жақсаруына және жылудың оның көлемі бойынша тасымалдану жылдамдығының ұлғаюына ықпал етеді.

Термиялық зерттеулер (ДСК/ТГА) никельді енгізу АП/КМЦ композициясының ыдырау басталу температурасын 345 °C-қа дейін төмендетіп, массаның жалпы жоғалу дәрежесін 99,1 %-ға дейін арттыратынын көрсетті. Никельдің каталитикалық белсенділігі Ni^{2+}/Ni^{3+} редокс-ауысуларына қатысуымен және перхлорат-иондарының активтенуімен байланысты, бұл ыдыраудың анағұрлым қуатты әрі шоғырланған энергетикалық толқынының қалыптасуына ықпал етеді.

Жану сынақтары никелькұрамды композиттің (АП/КМЦ–Ni) анағұрлым қарқынды және тұрақты жылулық режимді көрсететінін анықтады: жалынның максималды температурасы 1105 °C-тан 1207 °C-қа дейін жоғарылайды, ал Tmax-қа жету уақыты 5,21 с-тан 4,38 с-қа дейін қысқарады. Қысымның барлық деңгейлерінде жанудың сызықтық жылдамдығының артуы және қысымға сезімталдықтың бір мезгілде төмендеуі (n = 0,475, модификацияланбаған композиция үшін 0,499) тіркелді, бұл процестің тұрақтануын және кумулятивті жылулық әсердің тиімділігінің артқанын көрсетеді.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Қатты зымыран отындары саласындағы зерттеулер заманауи зымыран-ғарыш және қорғаныс жүйелерінің сенімділігіне, энергия тиімділігіне және экологиялық қауіпсіздігіне қойылатын талаптардың артуына байланысты аса өзекті болып қала береді. ҚЗО ғарыштық тасымалдағыштар мен спутниктік платформалардан бастап тактикалық зымыран жүйелеріне дейінгі ұшу аппараттарының кең ауқымы үшін негізгі құрамдас бөлік болып табылады,

бұл олардың құрамы мен қасиеттерін жетілдіруді стратегиялық маңызы бар міндетке айналдырады.

Зымыран-ғарыш аппараттарын миниатюризациялаудың әлемдік үрдісі энергия тығыздығы жоғары, жылулық тұрақтылығы жақсартылған және жану параметрлерін дәл болжауға мүмкіндік беретін неғұрлым тиімді отындарды әзірлеуді талап етеді. Бұл зымыран жүйелерінің массасын азайта отырып, тарту сипаттамаларының артуын қамтамасыз етеді.

Отындарды пайдалану және сақтау қауіпсіздігіне қойылатын техникалық талаптар сезімталдығы төмен және тұрақтылығы жоғары композиттерді әзірлеуді ынталандырады. Сыртқы әсерлерге төзімділіктің артуы, өздігінен ыдырау қаупінің төмендеуі және температуралардың кең ауқымында мінез-құлқының болжамдылығы практикалық қолдану үшін аса маңызды факторлар болып табылады.

Аддитивті өндіріс технологияларының қарқынды дамуы, катализаторлар мен жану ингибиторларын, наноматериалдарды және функционалдық байланыстырғыштарды қолдану зерттеушілер үшін жаңа бағыттарды ашады. Композициялық матрицаларды модификациялау, жоғары тиімді катализаторларды енгізу, жылуалмасуды жақсарту және микрокұрылымды басқару жану сипаттамалары реттелетін «ақылды» отындарды жасауға мүмкіндік береді.

Қорытындылай келе, қатты зымыран отындары саласындағы зерттеулер ұлттық және халықаралық ғарыштық инфрақұрылымды дамыту үшін жоғары маңызға ие.

Жұмыстың мақсаты. Диссертациялық жұмыстың мақсаты аммоний перхлораты (АП) мен карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) негізінде, ауыспалы металдармен модификацияланған кумулятивті типтегі композициялық энергосыйымды материалдарды әзірлеу және зерттеу, сондай-ақ олардың термиялық ыдырауының, жану процестерінің заңдылықтарын және металл иондарының энергия бөліну процестеріне каталитикалық әсерін анықтау болып табылады.

Жұмыстың міндеттері:

Диссертациялық жұмыстың мақсатына жету үшін келесі міндеттер қойылды:

1. КМЦ негізіндегі, ауыспалы металдардың (NiO, CuO) допирленген нанобөлшектері бар полимерлік матрицалардың қалыптасу механизмдерін зерттеу және басқарылатын жылу бөлінуді қамтамасыз етудегі Ni–O–C типті координациялық байланыстардың рөлін анықтау.

2. Никельмен модификацияланған АП/КМЦ–Ni құрылымдарының кумулятивті каталитикалық әсердің белсенді аймақтарының қалыптасуына ықпалын анықтау және алынған композиттердің физика-химиялық сипаттамалары негізінде Ni–O–C түйіндерінің термиялық ыдырау процестерін жеделдету механизмдерін айқындау. Үлгілердің зерттелуі катализатор бөлшектерінің химиялық күйін анықтауға

арналған заманауи құрал-жабдықтарда жүргізіледі: СЭМ/ЭДС, РСА, РФЭС, ИҚ және Раман спектроскопиясы**.**

3.Ni координациялық орталықтарының АП/КМЦ жүйесінің тұрақты жануының жылулық динамикасына әсерін талдау және ДСК, ДТГ және ТГА әдістерін қолдана отырып, термиялық ыдырау процесіндегі жылулық режимнің күшею механизмдерін анықтау. Термодинамикалық талдау, оттек балансының есебі және компоненттердің стехиометриялық концентрацияларын анықтау жану температурасы мен жану жылдамдығы жоғары ҚЗО-ның оңтайлы құрамдарын алуға мүмкіндік береді.

4. Энергосыйымды композициялық жүйелерде жылулық әсердің кумулятивті аймақтарының бақыланатын қалыптасуын қамтамасыз ететін КМЦ-ны ауыспалы металл иондарымен модификациялаудың әдістемелік қағидаларын әзірлеу және оларды бағытталған әрі болжамды жылулық жауапқа ие материалдарды жобалаудың техникалық негізі ретінде негіздеу.

Қорғауға ұсынылатын негізгі қағидалар:

1. КМЦ негізіндегі және ауыспалы металл қосылыстары бар**,** Ni–O–C типті координациялық байланыстарғаие полимерлік матрицалар $E_{(св)}$ = 850–866 эВ байланыс энергиясымен басқарылатын жылу бөлінуді қамтамасыз етеді және K ≈ 1,8–1,9 кезінде композиттерде кумулятивті жылулық жауаптың қалыптасуын айқындайды.

2. Белсенді кумулятивті каталитикалық әсер аймақтарына ие АП/КМЦ–Ni никельмодификацияланған композициялары Ni–O–C түйіндерінің түзілуі есебінен энергиясыйымдыді компоненттердің термиялық ыдырауын 31 °C-қа дейін жеделдетеді, ΔT 376-дан 345 °C-қа дейін ығысады, массаның жоғалуы 99,1 %-ға дейін жетеді және жүйенің максималды энергетикалық тығыздығы $E_{(Ni,пл)}$ ≈ 1,64 кДж/г құрайды.

3.Ni координациялық орталықтарыэнергиясыйымдыді жүйелердің тұрақты жылулық жануы кезінде жылулық динамиканы 1105 °C-тан 1207 °C-қа дейін күшейтеді, жылулық режимнің тиімді үдеу коэффициенті $K_{(разгон)}$ ≈ 1,20 болады және температуралық максимумға жету уақыты 1 секундқа дейін қысқарады.

4. КМЦ-ны ауыспалы металдармен модификациялау әдістемесі энергосыйымды жүйелерде жылулық әсердің кумулятивті аймақтарының басқарылатын қалыптасуын қамтамасыз етеді және термиялық белсенді энергосыйымды отындарда бағытталған әрі болжамды жылулық жауапқа ие композиттерді жобалаудың техникалық негізін құрайды.

Зерттеу нысаны және пәні. Зерттеу нысаны – аммоний перхлораты (АП) тотықтырғыш ретінде және карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) органикалық байланыстырғыш ретінде қолданылатын, ауыспалы металдар иондарымен (Ni^{2+}, Co^{2+}, Cu^{2+}, Fe^{3+}) модификацияланған кумулятивті типтегі композициялық энергетикалық материалдар.

Әзірленген қатты зымыран отындарының (ҚЗО) жұмысқа қабілеттілігін эксперименттік тұрғыдан бағалау үшін үлгілерді әртүрлі бастапқы

қысымдарда (1–10 МПа) жағу бойынша зертханалық тәжірибелер жүргізілді. Бұл тәжірибелер жану жылдамдығын және ҚЗО-ның қауіпсіз жұмыс істеуіне әсер ететін қысым көрсеткішінің экспоненталық дәрежесін анықтауға бағытталды.

Зерттеу әдістері. Алынған материалдардың морфологиясы мен құрылымдық қасиеттері СЭМ/ЭДС, РСА, РФЭС, ИҚ және Раман спектроскопиясы әдістері арқылы зерттелді. Кинетикалық зерттеулер дифференциалды термиялық талдау әдісімен жүргізілді. Термиялық талдау ДТА–ТГ, ДСК және басқа да әдістерді біріктіретін кешенді зерттеу ретінде орындалды.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы:

Жұмыста алғаш рет келесі нәтижелер алынды:

1. КМЦ полимерлік матрицасында Ni–O–C түйіндері арқылы жылу энергиясының қайта бөліну заңдылықтары алғаш рет анықталып, байланыс энергиясының сипаттамалық мәндерімен **(**$E_{(}$св$_{)}$ = 850–866 эВ**)** басқарылатын жылу бөлінуді қамтамасыз ететіні көрсетілді.

2.АП/КМЦ–Ni композицияларында Ni–O–C аймақтарының каталитикалық әсері анықталып, энергия сыйымды компоненттердің термиялық деструкциясының 376 °C-тан 345 °C-қадейін жеделдейтіні көрсетілді. Бұл координациялық металл-полимерлік түйіндердің жылулық процестерге әсер етуінің жаңа механизмін айқындайды.

3.Ni координациялық орталықтарының әсерінен жанудың жылулық динамикасының күшеюі алғаш рет дәлелденіп, жалынның максималды температурасының 1207 °C-қа дейін артуына және температуралық максимумға жету уақытының шамамен 1 секундқа дейін қысқаруына алып келетіні анықталды. Бұл орталықтарды жоғары энергиялы жүйелердің жылулық режимін белсенді модуляциялаушы факторлар ретінде қарастыруға мүмкіндік береді.

4. КМЦ-ны ауыспалы металдар иондарымен модификациялаудың әдістемелік қағидаларының кешені әзірленіп, ол энергия сыйымды композиттерде жылулық әсердің кумулятивті аймақтарының басқарылатын қалыптасуын қамтамасыз етеді және бағытталған әрі болжамды жылулық жауапқа ие материалдарды жобалаудың ғылыми негізін құрайды.

Теориялық маңыздылығы: Жұмыста таңбалаушы қасиеттерге ие химиялық құрамдарды таңдауды айқындайтын ғылыми негізделген критерийлер ұсынылды, жарылғыш заттар құрамына таңбалаушы қоспаларды енгізу әдістері және оларды кейінгі сәйкестендіру тәсілдері анықталды, сондай-ақ таңбалаушы қоспалардың жарылғыш заттардың пайдалану сипаттамаларына, оның ішінде оларды қауіпсіз қолдану тұрғысынан теріс әсер етпейтіні дәлелденді.

Катализаторлардың каталитикалық белсенділігінің анықталған дәрежесі аммоний перхлоратының (АП) ыдырау моделін катализатор түріне байланысты теориялық тұрғыдан сипаттауға мүмкіндік береді.

Жану және ыдырау барысында түзілетін газ тәрізді және конденсацияланған өнімдерді зерттеу энергиясыйымды құрамдардың химиялық түрлену механизмін және әр түрлі ауыспалы металдармен модификацияланған КМЦ-ның ҚЗО жану тиімділігіне әсерету дәрежесін анықтайды.

Практикалық маңыздылығы Қазақстан Республикасы әлемдегі ең ірі әрі стратегиялық маңызы бар ғарыш айлақтарының бірі - **«Байқоңыр»** ғарыш айлағына ие және халықаралық ғарыштық бағдарламаларды іске асыруға инвесторлық қызығушылыққа үлкен әлеуетке ие, бұл «Қазақстан-2050» ғарыштық реформалар стратегиясымен айқындалады. Жаңа Қазақстанүшін осы салада халықаралық деңгейде нәтижелі ғылыми зерттеулер жүргізуге мүмкіндік беретін жаңа жобалар мен жоғары білікті кадрларды даярлау аса қажет.

Жұмыстың апробациясы. Диссертациялық жұмыстың нәтижелері келесі халықаралық және республикалық ғылыми-техникалық конференциялар мен симпозиумдарда баяндалып, талқыланды:

1. Zhansaya Beksultan, Marat Nurguzhin, Marat Janikeyev, Myrzakhan Omarbayev, Azira Yermakhanova, Mohammed Meiirbekov, Miras Zhumakhanov, Aidos Lesbayev, Darkhan Yerezhep, Meiram Atamanov, Marat Tulepov, Optimizing Combustion Characteristics of Ammonium Perchlorate Composites with Nickel-Enhanced Carboxymethyl Cellulose. Aerospace. 2025, 12(4), 270; https://doi.org/10.3390/aerospace12040270

2. Marat Tulepov, Larissa Sassykova, Dauren Baiseitov, Bibigul Rakhimova , Fedosya Abdrakova , Galiya Spanova, Sestager Aknazarov, Zhansaya Beksultan Synthesis and optimization of combustion of briquettes based on substandard brown coals of Kazakhstan deposits with multipolymer binders Mediterranean Journal of Chemistry 2020, 10(3), 302-309 DOI:10.13171/mjc02003271253ls

3. Ж.Б. Бексултан, М.И. Тулепов, М.К. Атаманов, Разработка эластичного кумулятивного заряда на основе гелеобразующих веществ, Горение и плазмохимия. -2020.-№3. – С. 132-140 DOI: https://doi.org/10.18321/cpc361

4. F.Yu. Abdrakova, M.I. Tulepov, D.A. Baiseitov Zh.B. Beksultan, M. Chikhradze Localization of explosion pulses in a closed space in coal mines Горение и Плазмохимия 19 (2021) 131-138 https://doi.org/10.18321/cpc426

5. М.И. Тулепов, Ж. Бексултан, Ш.Е. Габдрашова, Д.А. Байсейтов, И.А. Пустовалов, С. Алешкова Экспериментальное определение показателей безопасности эмульсионных взрывчатых веществ, содержащих в качестве маркирующей добавки органические красители, Горение и Плазмохимия 19 (2021) 35-41 https://doi.org/10.18321/cpc408

6. Тулепов М.И., Бексултан Ж.Б. Разработка энергоемких систем кумулятивного воздействия "Химические проблемы современности" г. Донецк, 19-21 мая 2020г.

7. Ж.Б.Бексултан, М.И. Тулепов, М.К.Атаманов, Ш.Т. Султахан, Приготовление карбоксиметилцеллюлозы, допированной оксидами переходных металлов для эффективного сгорания топлива на основе перхлората аммония “Химиялық физика және наноматериалдар” атты VII Жас Ғалымдар Конференциясының Еңбектер Жинағы, 2020г.

9. Ж.Б.Бексултан, М.И. Тулепов, М.К.Атаманов, Энергетические конденсированные системы, Монография Белая книга по энергоемким материалам. Алматы ТОО «Издательство Дарын». -224.- 264 с.

10. Bexultan Zh.B., Korchagin M.A., Sassykova L.R., Abdrakova F.Y., Aitenov Y.K., Toktagul S.E., Baiseitov D.A. Gabdrashova S.E., Development of pyrotechnic delay mixtures based on a composite material hardened with carbon nanotubes. Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures. 2021. V. 16, Iss. 4, P 1341 – 1350. DOI:10.15251/DJNB.2021.164.1341

11. Ж.Б.Бексултан, М.И. Тулепов, М.К.Атаманов, Разработка эластичного кумулятивного заряда на основе гелеобразующих веществ сборник трудов международного казахстанско-российского симпозиума «Химическая физика и наноматериалы», Казахстан, издательство: «Қазақ университеті» 2021г.

Автордың жеке үлесі. Автордың жеке үлесі эксперименттерді қою және жүргізу, алынған нәтижелерді жинақтау және талдау, ғылыми мақалалар мен есептерді жазу жұмыстарынан тұрады. Зерттеудің мақсаты мен міндеттері, эксперименттерді жоспарлау, нәтижелерді талқылау және қорғауға ұсынылатын негізгі қағидалар екі ғылыми кеңесшімен бірлесе отырып талқыланды.

Басылымдар. Бұл диссертацияның негізгі нәтижелері 11 басылымда жарияланды, оның ішінде Web of Science дерекқорына енгізілген бір мақала, Қазақстан Республикасы Жоғары білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім беру саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған журналдарда үш басылым, бір монография және халықаралық симпозиумдар мен халықаралық конференциялар материалдарында алты басылым.

Ғылыми жобалармен және мемлекеттік бағдарламалармен байланысы. Қорғауға ұсынылған «Энергияны көп қажет ететін кумулятивтік әсер ету жүйелерін әзірлеу» диссертациясы автордың бастамасымен әзірленді.

Диссертацияның көлемі мен құрылымы. Диссертация 115 беттен тұрады және 47 сурет пен 14 кестеден тұрады. Ол кіріспеден, әдебиетке шолудан, зерттеу нысандары мен әдістерінің сипаттамасынан, нәтижелерден және оларды талқылаудан, қорытындыдан және 149 әдебиеттер тізімінен тұрады.