

## АҢДАТПА

6D073400 – «Жарылғыш заттар мен пиротехникалық құралдардың Химиялық технологиясы» мамандығының  
PhD докторанты

### **Амир Жанибек Амирулының «Бетонды құрылысқа бұзушы әсері бар газ генераторлары үшін пиротехникалық құрамдар» тақырыбындағы диссертациялық жұмысы**

**Жұмыстың жалпы сипаттамасы.** Диссертация пайдаланылған полиэтилен, полиэтилентерефталат сияқты жанғыш қоспалармен аммоний нитраты (АН) және аммоний перхлораты (АПХ) негізіндегі жаңа газ генераторлық пиротехникалық құрамдарды, магний МПФ -1 түріндегі металл отынын қоса отырып одан әрі модификациялау арқылы әзірлеуге және энергия сыйымды жүйелерді бетонды конструкцияларды бұзуға арналған жұмысшы дене ретінде пайдалану мақсатында олардың физика-химиялық қасиеттерін тәжірибелік зерттеуге арналған.

**Диссертация тақырыбының өзектілігі.** Бетон мен темірбетонды барлық елдерде әр түрлі нысандар тұрғызу үшін кеңінен қолданады. Жақын арада бұл материалдар құрылыстың барлық салаларында неғұрлым көп пайдаланылатын болады. Темір-бетон конструкцияларын бөлшектеу қажеттілігі жиі туындайды. Қазіргі уақытта темір-бетон конструкцияларын бұзудың кең тараған әдісі ұсақтау балғалары мен гидробалғалардың көмегімен ұсақтау болып табылады. Сондай-ақ, қиратудың баламалы тәсілдері де бар, бұл жарылғыш заттың зарядын жару, электр импульстік талқандау, соққылы талқандау және басқалар. Бірақ бетонды бұзудың дәстүрлі технологиялары қолданылмайтын немесе тым көп еңбекті қажет ететін жағдайлар болады. Мысалы, жұмыс істеп тұрған өндіріс үй-жайында, тығыз құрылыс ауданында, жертөле және тереңдетілген үй-жайларда, кәбілдер, су құбырлары, жылу желілері және өзге де коммуникациялар көршілес болған кездегі жұмыстар, осыған байланысты жаңа, қауіпсіз және тиімді газ генераторлық құрамдарды әзірлеу өзекті міндет болып табылады.

Соңғы кезде бетонды бұзу немесе блокты тасты өндіру кезінде құрамның жану реакциясы есебінен зарядтау камерасының қуысында қысым жасайтын газ тудыратын зарядтар қолданылады. Мұқият жарылыс (жұмсақ жару) технологиясына балама, жүктеменің квазистатикалық сипатын қамтамасыз ететін газ түзетін пиротехникалық құрамдарды пайдалана отырып, бетон конструкцияларын бұзу болуы мүмкін. Жұмсақ жарылыс ауа соққы толқындары (АСТ), сейсмикалық жарылыс толқындары (СЖТ) және ұсақ бөлшектердің шашырауы түрінде байқалатын жарылыстың зиянды әсерін болдырмайтын, тығыздығы төмен жарылғыш заттарды немесе пиротехникалық газ генераторлық құрамдарды қолдану арқылы жүзеге асырылуы мүмкін. Төмен тығыздықтағы газ генераторлық құрамдарды

пайдаланған кезде зиянды, улы газдардың түзілуі, сейсмикалық, ауа соққы толқындарының пайда болуымен және жекелеген фрагменттердің кеңеюінен көрінетін жарылыстың талқандағыш әсері толығымен алынып тасталады. Осыған байланысты, бұл жұмыста аммиак нитраты мен аммоний перхлораты негізіндегі, жану режимінде жұмыс істейтін және ауа соққы толқындары (АСТ), сейсмикалық жарылыс толқындар (СЖТ), сонымен қатар ұсақ бөлшектердің шашырауы түрінде көрінетін жарылыстың талқандағыш әсерін болдырмайтын газ генераторлық құрамдар әзірленді.

Әдебиет деректерін талдау және жалпылау қазіргі кезде бар газ генераторларының құрамын ( $\text{NH}_4\text{NO}_3\text{-Al-C}$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Al- ЖНС}$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3\text{-C-nAl}$ ) бағалауға мүмкіндік берді, бірқатар зерттелмеген параметрлер анықталды, мысалы: тікелей және сырғымалы әсер ету, эксплуатациялық температура диапазонында пироқұрамдар үшін нормаланған сипаттамалардың қауіпсіздігін тексеру. Осыған байланысты,  $-40^\circ\text{C}$ -қа дейін төмен температурада жұмыс істейтін, минималды пайдалану шығындарын қамтамасыз ететін қауіпсіз құрамдарды әзірлеу өзекті ғылыми-техникалық міндет болып табылады.

Жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде АН, АПХ негізінде алынған газ генераторлық құрамдар жасанды бетон нысандарын жоюда жұмысшы дене ретінде тиімді пайдаланылуы мүмкін. Құны төмен және сипаттамалары жақсартылған газ генераторлық құрамдардың жаңа түрлерін жасау пиротехника және жарылғыш заттар саласындағы маңызды бағыт болып табылады.

**Жұмыстың мақсаты.** Осы диссертациялық жұмыстың мақсаты бетон конструкцияларын бұзу, блокты тас өндіру кезінде үлес шығындарын барынша азайту және еңбек қауіпсіздігін арттыру арқылы, әртүрлі климаттық жағдайларда жұмыс істейтін, әртүрлі тотықтырғыштар негізінде жаңа, тиімді газ генераторлық пиротехникалық құрамдарды әзірлеу және зерттеу болып табылады.

**Жұмыстың міндеттері.** Қойылған мақсатқа жету үшін келесі міндеттер шешілді:

- бастапқы компоненттердің оңтайлы құрамын анықтау үшін TDS компьютерлік кодын пайдаланып, газ генераторлық құрамдардың жану параметрлерін термодинамикалық модельдеу;

- дыбыстық жылдамдыққа дейінгі жану жылдамдығы бар АН және АПХ негізіндегі газ генераторлық құрамдарының жану үдерістеріне тәжірибелік зерттеулер жүргізу;

- АН, АПХ негізіндегі пиротехникалық жүйелердің физика-механикалық сипаттамаларын зерттеу;

- әзірленген газ генераторлық құрамдарды «ЖМССО» сынақ полигонында сынақтан өткізу.

**Зерттеу әдістері.** Қойылған мақсаттарға қол жеткізу үшін қажетті міндеттерді шешу кезінде мынадай зерттеу әдістері пайдаланылды: TDS бағдарламасын пайдалана отырып термодинамикалық есептеу, термогравиметрлік талдау, тікелей және сырғымалы соққыға сезімталдықты

анықтау; дифференциалды сканерлейтін калориметрия, жану жылдамдығын анықтаудың сызықтық әдісі, тұтанудың кешігу уақытын анықтау әдісі, рентгенфазалық талдау, сканерлеуші электрондық микроскопия, жану температурасын анықтау әдісі, полигондық зерттеулер, хроматографиялық талдау.

#### **Қорғауға шығарылатын негізгі қағидалар:**

- TDS бағдарламасы арқылы модельдеу негізінде анықталған тотықтырғыш/отынның стехиометриялық қатынасы салмақ бойынша 70/30 (ПЭ-20%, Mg-10%) қосымшасымен аммоний нитраты ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) негіздегі энергия сыйымды құрам, әдебиетте сипатталған құрамдарға қарағанда жоғары шығымды газдар  $0,129 \text{ кг/м}^3$ , температура мен жану жылдамдығы ( $1890^\circ\text{C}$ ;  $1,4 \text{ мм/с}$ ) және  $660 \text{ кДж/кг}$  жұмыс қабілеттілігі есебінен талқандағыш әсердің жоғары тиімділігін қамтамасыз етеді;

- аммоний перхлораты АПХ ( $\text{NH}_4\text{ClO}_4$ -85%) және (ПЭ-10%, Mg-5%) негізіндегі тотықтырғыш/отынның стехиометриялық қатынасы салмақ бойынша 85/15, отынның артық коэффициенті ( $\beta=1,004$ ) және оттегі балансы (ОБ=-0,23%) болатын жаңа газ генераторлық құрам, күшті тотықтырғыш АПХ мен МПФ-1 магний ұнтағы арасындағы экзотермиялық реакция арқылы қол жеткізілетін, белгілі құрамдармен салыстырғанда жоғары энергетикалық сипаттамаларына (Т, ρ, RT) ие;

- ірі дисперсті магний (250-400 мкм) қосылған АН ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -70%, ПЭ-20%, Mg-10%) және АПХ ( $\text{NH}_4\text{ClO}_4$ -85%, ПЭ-10%, Mg-5%) негізіндегі құрамдар тікелей және сырғымалы соққы әсерлеріне айтарлықтай төмен сезімталдықпен және  $+40^\circ\text{C}$ -тан  $-40^\circ\text{C}$ -қа дейінгі температура диапазонында термиялық тұрақтылықпен сипатталады;

- АН ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -70%, ПЭ-20%, Mg-10%) және АПХ ( $\text{NH}_4\text{ClO}_4$ -85%, ПЭ-10%, Mg-5%) негізіндегі құрамдардың жану жылдамдығы төмен ( $1,40 \text{ мм/с}$ ;  $1,61 \text{ мм/с}$ ), бұл контур массивінің ең аз бұзылуымен бетон конструкцияларының талқандалуын қамтамасыз етеді.

**Зерттеу объектісі** – жанғыш заттар ретінде магний, полиэтилен, полиэтиленерефталат қолданылатын аммоний нитратынан, аммоний перхлоратынан тұратын пиротехникалық жүйелер.

**Зерттеу пәні** – аммоний нитраты, аммоний перхлораты негізіндегі газ генераторлық құрамдардың жануының негізгі заңдылықтары және оларды жасанды нысандар мен блокты тастарды бұзу үшін пайдалану мүмкіндіктері.

**Алынған нәтижелердің жаңалығы мен маңыздылығы.** Жұмыста келесі нәтижелер алынды:

– ПЭ және МПФ-1 магний қосу арқылы АН, АПХ негізіндегі талқандағыш әсерлі газ генерациялайтын тиімді құрамдарды құруды TDS бағдарламасының көмегімен модельдеу арқылы жүзеге асыруға болатыны алғаш рет көрсетілді;

– АПХ ( $\text{NH}_4\text{ClO}_4$ -85%) және (ПЭ-10%, Mg-5%) қоспалары негізіндегі жоғары энергетикалық сипаттамалары бар құрамдарды алу үшін оттегі балансын да, күшті тотықтырғыш АПХ мен МПФ-1 магний ұнтағы арасындағы экзотермиялық реакцияның да жүзеге асу мүмкіндігін ескеру

қажет екендігі көрсетілді;

– АН және АПХ негізіндегі құрамдарға дисперстілігі 250-400 мкм (МПФ-1) магнийді қосу, олардың энергетикалық сипаттамаларын айтарлықтай жоғарылатумен қатар, МПФ-1 магнийдің ингибиторлық қасиеттерімен қамтамасыз етілетін тікелей және сырғымалы соққыға сезімталдықтың төмендеуіне әкелетіні анықталды.

#### **Диссертациялық жұмыстың теориялық маңыздылығы.**

Бастапқы компоненттердің құрамына, метаморфизм кезеңі, сақтау әдістері және т.б. байланысты физика-химиялық параметрлердің жоғары лабильділігі жағдайында, жасанды нысандарды бұзу және блокты тасты өндіру кезінде технологиялық үдерістерді және оңтайлы жағдайларды таңдауды анықтайтын ғылыми негізделген критерийлер ұсынылған.

#### **Практикалық маңыздылығы.**

Жоғары энергетикалық сипаттамалары бар, бірлік шығындарын азайтуға және еңбек қауіпсіздігін жақсартуға мүмкіндік беретін АН, АПХ негізіндегі газ генераторлық құрамдардың жаңа рецептуралары ұсынылды.

Алғаш рет отын ретінде байланыстырушы және газ түзуші агенттер болып табылатын жарамсыз ПЭ және ПЭТ пайдаланылған газ генерациялайтын құрамдар әзірленді.

Алғаш рет жұмыс температурасының +40°C-тан -40°C-қа дейінгі интервалында АН, АПХ негізіндегі пироқұрамдар үшін нормаланған сипаттамалардың сақталуына тексеру жүргізілді.

**Диссертациялық жұмысты орындау барысында алынған және белгіленген зерттеудің негізгі нәтижелері:**

1. TV, HP – есептер құрамның бастапқы компоненттерінің оңтайлы мөлшерін анықтау үшін TDS бағдарламалық кешеніне енгізілген сипаттамалық функциялардың экстремум әдісімен шешілді. Беріктігі орташа бетон блоктарын бұзатын аммоний нитратына негізделген жаңа құрам әзірленді. Құрам №1:  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -70%, ПЭ-20%, Mg-10%, жану температурасы 1890°C, жану жылдамдығы 1,40 мм/с, жұмыс істеу қабілеті 660 кДж/кг, газ шығымымен (0,129 м<sup>3</sup>/кг) сипатталады;

2. №2 құрамға 5% магний қосқанда:  $\text{NH}_4\text{ClO}_4$ -85%, ПЭ-10%, Mg-5% жану температурасы 2425 °C, жану жылдамдығы 1,61 мм/с, жұмыс істеу қабілеттілігі 1024 кДж/кг, газ шығымы 0,131 м<sup>3</sup>/кг болып сипатталатыны анықталды. ТГ-ДСК әдісі 279,9 °C, 372,3 °C температурада АН және АПХ полиэтиленді (ПЭ) жақсы тотықтыратынын көрсетті, бұл олардың жұпта пайдалану мүмкіндігін көрсетеді;

3. АН ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -70%, ПЭ-20%, Mg-10%), АПХ ( $\text{NH}_4\text{ClO}_4$ -85%, ПЭ-10%, Mg-5%) негізіндегі құрамдарға физика-механикалық зерттеулер жүргізгенде, сынақ үлгілеріне тікелей және сырғымалы соққымен әсер ету кезінде олардың қызу температурасы тұтану температурасына жетпейтіні анықталды, біздің жүйелер үшін есептелген қауіпсіз әсер ету энергиясы кемінде 9,8 Дж болды, бұл жарылғыш түрлендірулерді қоздыруға (бастапқы импульс) 49 Дж-ке тең соққы энергиясының жеткіліксіздігін растайды. АН, АПХ негізіндегі барлық үлгілер екі сағат бойы +40-тан -40 °C-қа дейінгі

температура әсерінен кейін мінсіз жұмыс істеді;

4. АН, АПХ негізіндегі құрамдар ЖМССО сынақ алаңында (Өскемен қ.) тиімділікке сыналды. Бұл құрамдарды  $-40^{\circ}\text{C}$ -қа дейінгі қатал климаттық жағдайларда әр түрлі беріктіктегі бетон конструкцияларының тірек массивін минималды түрде бұзып, бағытты бөлу үшін қолдануға болатыны дәлелденді. Теориялық және тәжірибелік түрде көміртегі тотығы, азот тотықтары сияқты улы газдар мөлшері шекті рұқсат етілген мәндерден аспайтын  $5 \text{ мг/м}^3$  концентрацияға ие екендігі дәлелденді.

**Жұмысты апробациялау.** Диссертациялық жұмыс материалдары әртүрлі халықаралық, республикалық конференциялар мен симпозиумдарда баяндалды және талқыланды:

V халықаралық «Лазерлік, плазмалық зерттеулер мен технологиялар - ЛаПлаз 2019» ғылыми конференциясы (Мәскеу, Ресей, 12-15 ақпан, 2019); IV халықаралық «Химиялық физика және наноматериалдар» ғылыми конференциясы (Алматы, Қазақстан, 19 сәуір, 2019); IV халықаралық «Қазіргі заманның химиялық проблемалары» ғылыми конференциясы (Донецк, Украина, 19-21 мамыр, 2020); VI халықаралық «Лазерлік, плазмалық зерттеулер мен технологиялар - ЛаПлаз 2020» ғылыми конференциясы (Мәскеу, Ресей, 11-14 ақпан, 2020); VII халықаралық «Лазерлік, плазмалық зерттеулер мен технологиялар - ЛаПлаз 2021» ғылыми конференциясы (Мәскеу, Ресей, 23-26 наурыз, 2021); V халықаралық «Қазіргі заманның химиялық проблемалары» ғылыми конференциясы (Донецк, Украина, 18-20 мамыр, 2021); XIII Халықаралық «Химиялық физика, материалтану, наноматериалдар» симпозиумы (Алматы, Қазақстан, 20-21 желтоқсан, 2022).

**Докторанттың әрбір жарияланымды дайындауға қосқан жеке үлесі.**

Автордың жеке үлесі зерттеу міндеттерін қоюдан, теориялық және тәжірибелік зерттеулер жүргізуден, алынған нәтижелерді талқылау мен қорытындылаудан, баяндамалар мен мақалалардың тезистерін жазудан тұрады. Зерттеу нәтижелері бойынша конференциялар мен симпозиумдарда 10 тезистер, БҒСБК ұсынған журналдарда 5 мақала, Scopus және (немесе) WebofScience деректер базалары бойынша индекстелген журналдарда 8 мақала жарияланды. № 17250 авторлық куәлік алынды. Аммоний перхлораты негізіндегі газ генерациялайтын құрамның термодинамикалық сипаттамаларын зерттеу / Ақназаров С.Х., Амир Ж.А., Кудьярова Ж.Б., Головченко О.Ю., Аллан И.К. – 30.04.2021 жарияланды. Көптеген мақалаларда Амир Ж.А. бірінші автор немесе корреспондент болып табылады, сондықтан ол барлық осы ғылыми еңбектерді дайындауға басты үлес қосты.

**Диссертацияның көлемі мен құрылымы.**

Жұмыс кіріспеден, 3 тараудан, қорытындыдан және 108 атаудан тұратын әдебиеттер тізімінен тұрады. Диссертацияның жалпы көлемі машинкамен басылған мәтіннің 107 бетін құрайды, оның ішінде 57 сурет, 23 кесте және 2 қосымша.