6D072300 - «Техникалық физика» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алуға арналған диссертацияның

АҢДАТПА

БАЙМУЛДИН РУСЛАН ВАЛЕРЬЕВИЧ

Қатты тұрмыстық қалдықтарды плазма газдандыру (ҚТҚ)

Жұмыстың жалпы сипаттамасы

Бұл диссертация коммуналдық қатты қалдықтарды (ҚТҚ) плазмалық газдандыру әдісіне арналған.Сандық зерттеулер жүргізу үшін TERRA және Plasma-Waste термодинамикалық және кинетикалық есептеуіш бағдарламалық қамтамасыздандыру пакеттері пайдаланылды, ал эксперименттік зерттеулер үшін ҚТҚ плазмалық газдандыруға арналған орындық қондырғы жасалды.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі

Адам өмірінің сапасы қоғам мен өркениеттің дамуындағы өте маңызды өлшем болып табылады. Индустрияландыру басталғаннан және қалалар мен ірі елді мекендердің тұрақты өсуінен кейін олардағы қалдықтардың жиналуы қоршаған ортаның және қала өмірінің жалпы сапасының тез нашарлауына әкелді. Қалаларды санитарлық тазарту және аумақтарды қоқыстардан тазарту - бұл халықтың өмір сүру сапасына әсер ететін қажетті процесс.

Өз кезегінде ауа бассейнінің, су объектілерінің, топырақтың тазалығына әсер ету деңгейі және жалпы санитарлық-эпидемиологиялық жағдай деңгейіне, яғни қалдықтарды жою проблемасы өмірдің жайлылығына айтарлықтай әсер етеді. Бұрын қалдықтарды жағу және арнайы полигондарға тастау арқылы жою технологиялары өздеріне жүктелген міндетке толығымен сәйкес келді, енді қалдықтар мен олардың әртүрлілігінің артуына байланысты жоғарыда аталған жолдармен жою қоршаған ортаға айтарлықтай қауіп төндіруі мүмкін. Сондықтан қазіргі кезде қалдықтарды жоюдың жаңа, тиімді және экологиялық таза әдістерін әзірлеу өзектілігі бұрынғыдан да өткір болып тұр.

Бұрын арнайы полигондарға жағу және көму арқылы қалдықтарды жою технологиялары өздеріне жүктелген міндетке толығымен сәйкес келді, енді қалдықтардың мөлшері мен оның әртүрлілігінің артуына байланысты жоғарыда аталған жолдармен жою қоршаған ортаға айтарлықтай қауіп төндіруі мүмкін. Сондықтан қазіргі кезде қалдықтарды жоюдың жаңа, тиімді және экологиялық таза әдістерін әзірлеу өзектілігі бұрынғыдан да өткір болып тұр.

Қазақстандағы қалдықтарды қолдану, оның ішінде жинауды есепке алу, пайдалану, кәдеге жарату, ҚТҚ қауіпсіздікке келтіру және көму соңғы онжылдықта санитарлық-гигиеналық аспект болып үлкен әлеуметтік проблемаға айналды.

Бүгінгі күні өңделген және кәдеге жаратылған қатты қалдықтардың үлесі 5% құрайды, ал ел халқының тек 69% -ы қалдықтарды жинау және жою

қызметімен қамтамасыз етілген. Өз кезегінде экологиялық талаптар мен санитарлық нормаларға сәйкес келетін полигондардың үлесі 16% құрайды. 2030 жылға қарай қоқыс жинауда халықтың 100% қамту жоспарлануда, ал полигондардың 95% халықаралық санитарлық нормаларға сәйкес келуі керек, ал қалдықтарды өңдеу үлесін 2030 жылы 40% -ға және 2050 жылы 50% -ға дейін арттыру қажет.

Қазіргі уақытта Қазақстанда метрополитенді қоспағанда, қатты тұрмыстық қалдықтар полигондары халықаралық стандарттарға сәйкес келмейді. Сондай-ақ, мен 2019 жылдың қаңтарында күшіне енген пластик, полиэтилен, қағаз және картонды көмуге тыйым салынғанын атап өтемін. Сонымен, баламалы инфрақұрылым құру және қатты қалдықтарды экологиялық таза өңдеудің заманауи технологияларын дамыту ерекше өзекті болып табылады.

Диссертация тақырыбының ғылыми жұмыс жоспарларымен байланысы

ҚТҚ плазмалық газдандырудың эксперименттік зерттеулері ҚР ББжҒМ ҒК-нің мақсатты қаржыландыруға арналған Ғылыми зерттеу жұмысының (ГЗЖ) аясында жобаланған және салынған объектіде «Энергетика және машина жасау» BR05236507 «Қатты және сұйық өнеркәсіптік және тұрмыстық қалдықтарды, соның ішінде улы, жанармай газын және инертті минералды материал шығарумен тиімді өңдеудің энергетикалық технологиялары », басым бағыты бойынша жүргізілді, сондай-ақ гранттық ғылыми-зерттеу қаржыландыруы жобасы бойынша ҚР БББжҒМ 3078/ГФ4 «Құрылымда көміртек бар қалдықтардан (КБҚ) энергетикалық синтез-газ өндіруге арналған плазмалық технология».

Зерттеу мақсаты

Диссертациялық зерттеудің мақсаты – ҚТҚ-ды плазмалық газдандырудың заманауи, тиімді және экологиялық таза технологиясын жасау және дамыған плазмалық қондырғыда ҚТҚ-ды газдандыру бойынша сандық және эксперименттік зерттеулер жүргізу. Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттерді шешу қажет:

– ҚТҚ-ды өңдеу әдістеріне әдеби шолу жасау және оларды жоюдың тиімді технологиясын анықтау.

– Түрлі газдандыру агенттерімен ҚТҚ-ды плазмалық газдандыруға термодинамикалық талдау жасау.

– ҚТҚ-ды плазмалық газдандырудың кинетикалық моделін жасау және плазмалық реактордың геометриялық параметрлерін анықтау.

– ҚТҚ-ды плазмалық газдандыруға эксперименттік зерттеулер жүргізу.

– Эксперименттік зерттеулердің нәтижелерін ҚТҚ-дың плазмалық газдануының термодинамикалық және кинетикалық есептеулерінің нәтижелерімен салыстыру.

Зерттеу нысаны

ҚТҚ-ды плазмалық газдандыру технологиясы.

Зерттеу пәні

ҚТҚ-ды плазмалық газдандыруды сандық және тәжірибелік зерттеулер кешені.

Зерттеу әдістері

TERRA термодинамикалық есептеулерің және Plasma-Waste кинетикалық есептеулерін қолданатын сандық әдістер. ҚТҚ-ды плазмалық газдандыру қондырғысын қолдана отырып жүргізілген эксперименттік зерттеулер. ҚТҚ-ды плазмалық газдандыруды сандық және эксперименттік зерттеудің баланстық әдістері.

Қорғаныс ережелері

– Сандық модельдеу көрсеткендей, қатты қалдықтарды плазмалық газдандыру пайдаланылатын газдану агентіне (ауа немесе бу) және бейтарап шлакқа байланысты CO = 31,7–33,6% және H_2 = 50,7–60,9% жоғары калориялы жанғыш газ алуға мүмкіндік береді. Бұл жағдайда ауаны газдандыру арқылы алынған жанатын газдың нақты жылу мөлшері 3410 ккал/кг, ал буымен – 4640 ккал/кг құрайды.

– Қуаттылығы 30 кг/сағ. болатын қатты қалдықтарды плазмалық газдандыруға арналған қондырғының дизайны. номиналды электр қуаты 70 кВт. плазмалық алауымен. Плазмалық реактор - бұл су өткізбейтін қорап, тоттанбайтын болаттан жасалған, ішінен отқа төзімді кірпішпен қапталған, жұмыс көлемі 0,091 $м^3$. ҚТҚ реакторға брикеттер түрінде реактордың алдыңғы қабырғасындағы көлбеу құбыр арқылы жіберіледі.

– Энергия шығыны 4,5 кВт/сағ. болған кезде ауа плазмасындағы қатты қалдықтарды газдандыру бойынша экспериментте 91,8% көміртегі газдану дәрежесіне қол жеткізілді және келесі құрамдағы жанғыш газ, % алынды: CO – 26,5, H_2 – 44,6, N_2 – 28,9.

– Қатты қалдықтарды плазмалық газдандырудың оңтайлы параметрлері: реактордағы орташа температура 1600 К, қысымы 0,1 Мпа. және қатты қалдықтардың / тотықтырғыштың (O_2) массалық қатынасы - 11,1 кг/кг (қатты қалдықтар / ауа - 2,5 кг/кг, қатты қалдықтар / бу - 10 кг/кг).

Жұмыстың жаңалығы

Жұмыста келесі жаңа нәтижелер алынды:

– Сандық модельдеу қатты қалдықтарды плазмалық газдандырудың дамыған технологиясы негізінде жоғары калориялы жанғыш газды шығару мүмкіндігін көрсетті.

– Қатты қалдықтарды плазмалық газдандыру бойынша үздіксіз пилоттық қондырғы жасалды және құрылды.

– Құрылған объектіде қатты қалдықтарды плазмалық-ауалық газдандыру бойынша тәжірибелер жүргізіліп, көміртегі газдану деңгейі 91,8% жетті.

– Қатты қалдықтарды плазмалық газдандыру процесінің оңтайлы параметрлері анықталды.

Зерттеудің теориялық және практикалық маңыздылығы

ҚТҚ-ды газдандыруға арналған плазмалық қондырғының жұмыс параметрлерінің есептелген мәні алынды және ҚТҚ-ды плазмалық газдандыру процестерінің жалпы заңдылықтары анықталды. ҚТҚ-ды плазмалық газдандыруға арналған тәжірибелік қондырғы жасалды, эксперименттер жүргізіліп, ҚТҚ-ды плазмалық газдандыру процесінің оңтайлы параметрлері анықталды. ҚТҚ-ды газдандыру үшін плазмалық қондырғыны пайдалану

бойынша технологиялық ұсыныстар әзірленді. Қатты қалдықтарды плазмалық газдандыруды зерттеу нәтижелері Бурятия республикасының Улан-Удэ қаласында коммуналдық-тұрмыстық қалдықтарды кәдеге жаратудың оңтайлы схемасы бойынша техникалық-экономикалық негіздеме әзірлеу үшін техникалық шешімдер қабылдауда қолданылды.

Автордың жеке үлесі

Автордың жеке үлесі диссертациялық жұмысты, тапсырмаларды шешу мен сандық есептеулерді автордың өздігінен орындайтындығында. Автор плазмалық қондырғыны құруға және қатты қалдықтарды плазмалық газдандыру бойынша тәжірибелерге белсенді қатысты. Зерттеу мақсаттары, әдістерді таңдау және нәтижелерін талқылау супервайзерлермен бірлесіп жүзеге асырылды.

Нәтижелердің сенімділігі мен дұрыстығы

Диссертацияда белгілі және сыналған термодинамикалық және кинетикалық математикалық TERRA және Plasma-Waste модельдер қолданылды. Нәтижелердің сенімділігімен дұрыстығы нөлдікемес импакт-факторы бар шетелдік журналдағы жарияланымдармен және Қазақстан Республикасы Білімжәне ғылым министрлігінің Білім және ғылым комитетімен ұсынылған басылымдарда және жақын және алыс шетелдердегі халықаралық ғылыми конференцияларда жарияланады.

Диссертацияның апробациясы

Диссертацияда алынған нәтижелер баяндалды және талқыланды:

– «Физиканың қазіргі заманғы жетістіктері және негізгі физикалық білімі» атты Халықаралық ғылыми конференцияда (2016, Алматы, Қазақстан)

– «Жану және плазмалық химия» IX Халықаралық симпозиумында (2017, Алматы, Қазақстан)

– академик М.Ф.Жуков 100-жылдығына арналған Халықаралық конференцияда. «Газды разрядты плазма және оны қолдану» (2017, Новосибирск, Ресей)

– «Sixteenth International Waste Management and Landfill Symposium» Халықаралық конференцияда (2017, S. MargheritadiPula, Cagliari, Italy)

– «10th International Conference on Plasma Assisted Technologies (ICPAT-11)» Халықаралық конференцияда (2018, Adu Dhabi, UAE)

–VIII-ші Теориялық және қолданбалы плазмалық химия бойынша Халықаралық симпозиумында (2018, Плёс, Ресей)

– «17th International waste management and landfill symposium» Халықаралық конференцияда (2019, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy)

Жарияланымдар

Диссертацияның материалдары негізінде 14 жарияланым жарық көрді: PhD дәрежесіне диссертациялардың негізгі нәтижелерін және халықаралық ақпараттық ресурстарға нөлдік емес импакт-факторы бар шетелдер журналында бір мақала жариялау үшін Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі Білім және ғылым комитеті ұсынған тізімнен 4 журнал. Халықаралық ғылыми конференциялар жинағында 7 жұмыс, оның ішінде 5 шетелдік конференция материалдары.

Зерттеу нәтижелері

ҚТҚ-ды өңдеудің әртүрлі технологиялары қарастырылып, ҚТҚ-ды плазмалық газдандырудың перспективті технологиясы таңдалды.

TERRA бағдарламалық пакетін қолдана отырып, біз 300 – 3000 К температуралық диапазонда ҚТҚ-ды плазмалық ауаның және плазма-будың газдануының термодинамикалық есептеулерін жүргіздік. 1600 К оңтайлы температурада ҚТҚ-ды ауаны газдандыру үшін меншікті энергия шығыны 1,92 кВт/кг, ал буды газдандыру үшін 2,44 кВт/кг құрайды.

Plasma-Waste бағдарламасын қолдана отырып, ауадағы және будағы ҚТҚ плазмалық газдануының кинетикалық есептеулері жүргізілді, олар ҚТҚ-дың бөлшектері плазмалық реакторда (0,4 - 0,7 с) уақыт ішінде болғанда шығу кезінде жану жылуы шамамен 3540 ккал/кг болатын жоғарыкалориялы синтез-газдың болатындығы көрсетілген, ал плазмалық-ауалық газдандыру кезінде ҚТҚ-ның 1 кг-нан 1,16 кг жанғыш газ пайда болады. Плазма-буды газдандыру кезінде ҚТҚ-дың бөлшектері плазмалық реакторда (0,7 - 1,2 сек) уақыт ішінде болғанда калориялық мәні шамамен 5070 ккал/кгболатын жоғарыкалориялы синте-газ реактордың шығысында пайда болады, ал 1 кг ҚТҚ-дан 0,87 кг таза синтез-газ пайда болады.

Термодинамикалық және кинетикалық есептеулердің нәтижелерін салыстыру ТҚТ-ды плазмалық газдануын сандық талдау үшін пайдаланылатын физикалық-математикалық модельдердің сәйкестігін және TERRA және Plazma-Waste компьютерлік бағдарламаларын плазмалық реактордың геометриялық параметрлерін және плазмалық газдандыру процесінің жұмыс жағдайларын анықтаудағы заңдылығын растады.

Эксперименттік плазмалық қондырғы жобалауу және құру үшін әртүрлі газдандыру агенттеріндегі ҚТҚ-ды плазмалық газдандыру процесінің табылған параметрлерімен заңдылықтары пайдаланылды.

Эксперименттік қондырғыдағы ҚТҚ-ды плазмалық-ауалық газдандыру бойынша жүргізілген зерттеулер жоғарыкалориялық синтез-газын және негізінен темірқарбидінен, кальций моносиликаты, кремнезем және темірден тұратын бейтарап минералды қождарды шығару мүмкіндігін растады. Плазмалық реактордағы ҚТҚ-ды газдандыруға арналған нақты энергия шығыны эксперименттердің нәтижелері бойынша 2,25-тен 4,5 кВт/кг-ға дейін болды.

Сандық және эксперименттік зерттеулердің нәтижелері бойынша ҚТҚ-ды плазмалық газдандырудың заманауи, тиімді және экологиялық таза технологиясы жасалды.

Эксперимент нәтижелерін салыстыру және ҚТҚ-ды плазмалық газдандыру есептеулері қанағаттанарлықты көрсетті. Сонымен қатар, газтәрізді және конденсацияланған өнімдерде зиянды қоспалар анықталған жоқ.

Диссертацияның көлемі мен құрылымы

Диссертация кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытындыдан және 90 тармақтың пайдаланылған көздерінің тізімінен тұрады, негізгі компьютерлік мәтіннің 117 беті, оның ішінде 42 сурет және 3 өтінім бар.