БЕРДЕНОВА БАКЫТНУР АМАНБАЕВНА

САЛҚЫНДАТУ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕ ҚОЛДАНУҒА АРНАЛҒАН КОМПОЗИТ БЕЛСЕНДІРІЛГЕН КӨМІРДІҢ АДСОРБЦИЯЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ

«6D060300 - Механика» мамандығы бойынша философия ғылымдарының докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін Берденова Бакытнур Аманбаевнаның диссертациялық жұмысына

АҢДАТПА

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Халықаралық салқындату институтының мәліметтері бойынша, бүкіл әлемде өндірілетін электр энергиясының шамамен 15%-ы ауаны салқындату мен тоңазытқыштарға жұмсалады, демек тұтынылатын энергияның үлкен бөлігі әр түрлі салқындату жүйелерімен келеді. Салқындату үшін адсорбция процесін қолданған кезде дәстүрлі салқындату жүйелерінің компрессоры жылу энергиясында жұмыс істейтін адсорбциялық реактормен алмастырылады. Бұл адсорбциялық салқындату жүйелерін электр жүйелерінен тәуелсіз етеді, бұл шалғай дамымаған аймақтарда осы технологияны қолдануға мүмкіндік береді. Мұндай технологияны игеру Қазақстан үшін пайдалы болар еді, себебі мұнда қалалар мен ауылдар бір-бірінен алыс орналасқан, және электр жүйелері толық жүргізілмеген. Толық күн энергиясымен жұмыс істейтін адсорбциялық салқындату жүйелерін енгізу энергияны ұтымды және қауіпсіз пайдалану арқасында оң әлеуметтік-экономикалық нәтиже беретіні белгілі. Таза энергия көздеріне көшу ауаның ластануымен байланысты әртүрлі мәселелерді де шешеді.

Зерттеу жұмысының ғылыми бағыты Қазақстанда жаңа және баяу дамып келеді, сондықтан салқындату жүйелеріне арналған адсорбенттердің жаңа түрлерін жасау және олардың физикалық қасиеттерін талдау үшін қажетті жабдықтармен жабдықталған арнайы зертханалар жоқ. Бүкіл әлемде бұл бағыт белсенді дамып келеді. Сондықтан зерттеу тақырыбы ел үшін өте маңызды.

Сонымен қатар, адсорбция процесі ғылымның әр түрлі саласында жаңа технологиялар мен жабдықтар жасау кезінде қолданылыс тауып келеді. Мысалы: газды сақтау, жылу сорғылары, көміртегі қос тотығын сүзу және т.б. Сондықтан әртүрлі авторлар жетілдірілген сипаттамалары бар жаңа адсорбенттер жасап ұсынып келеді. Жаңа синтезделген материалдардың адсорбциялық сипаттамаларын дәл бағалау олардың термодинамикалық қасиеттерін анықтауда және әртүрлі жүйелерде қолданған кезде олардың өнімділігін болжауда өте маңызды рөл атқарады. Сондықтан зерттеу нәтижелерін адсорбцияға байланысты басқа жүйелерде де қолдануға болады.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты. Эксперименттік және сандық әдістерді қолдана отырып жаңадан синтезделген композитті белсендірілген көмірдің физикалық және адсорбциялық қасиеттерін анықтау, адсорбциялық салқындату жүйелері үшін материалдарды іріктеудің ғылыми негізін құру.

Зерттеу міндеттері.

- композитті белсендірілген көмірдің жылу және кеуектілік қасиеттерін анықтау үшін тәжірибелер жүргізу;
- адсорбциялық салқындату жүйелерінде қолдануға арналып жасалған композит материалдың көмірқышқыл газын адсорбциялық жұту сипаттамаларын анықтау;
- изотермиялық адсорбция процестерін сандық әдіспен зерттеу және адсорбция процесінің динамикалық сипаттамаларын анықтау.

Зерттеу нысаны. Композитті белсендірілген көмір, көмірқышқыл газының адсорбциясы, адсорбциялық салқындату жүйелері.

Зерттеу пәні. Композитті активтендірілген көмірдің жылу және адсорбциялық сипаттамалары.

Зерттеу әдістері. Эксперименттік, математикалық және сандық модельдеу. Тәжірибелер I2CNER институтында зертхана қызметкерлерімен бірге өткізілді. Эксперименттік мәліметтерді талдау үшін әртүрлі регрессия және басқа белгілі аналитикалық әдістер қолданылды. Зерттеу үшін шоғырландырылған белсендірілген көмірдің үлгісін I2CNER ұсынды.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы.

- Жақсартылған жылу өткізгіштігі және адсорбциялық жұтқыштық қабілеттілігі бар жаңа композитті адсорбент синтезделді және жан-жақты талданды: әзірленген шоғырланған адсорбент бастапқы адсорбентке қарағанда 233% жоғары жылу өткізгіштік көрсетті;
- Абсолютті жұту екі түрлі болжамды қолдана отырып бағаланды және орташа дәлірек баға алынды, адсорбциялық изотерма модельдері жасалды. Нәтижелер эксперименттік мәліметтер мен модель арасында жақсы дәлдікті көрсетті. Дубинин-Астахов және Tocc модификацияланған модельдері үшін RMSD корреляциясының қателері сәйкесінше 0,62% және 0,56% құрады;
- Адсорбциялық жұтылуға байланысты кеуектілік пен Кнудсеннің диффузия коэффициентінің өзгеруін ескеретін жаңа математикалық модель жасалды. Модель сонымен қатар адсорбция процесі экзотермиялық болғандықтан, адсорбцияның жылуына байланысты адсорбция жылдамдығының температураға байланысты өзгерісін жүзеге асырады. Көмірқышқыл газы / активтендірілген көміртегі жұбы үшін Кнудсеннің диффузиялық тиімді коэффициенті қуыстың өлшем бойынша таралу қисығынан және тасымалданатын газдың сипаттамасын ескере отырып есептелді. Композиттің көмірқышқыл газын адсорбциялық жұтуын өлшеу үшін MSB-GS-100-10M жабдығында жүргізілген эксперимент модельденді.

Негізділік және нақтылық. Диссертацияда алынған ғылыми тұжырымдардың негізділігі және нақтылығы олардың дәйекті теориялық және математикалық негізделуімен расталады, алынған модельдеу нәтижелерін эксперимент нәтижелерімен салыстырмалы талдау жасалынған.

Зерттеудің теориялық және практикалық маңыздылығы. Теориялық маңыздылығы, ұсынылып отырған математикалық модель адсорбция динамикасын жақсы дәлдікпен сипаттайды, өйткені ол кеуектілік пен өткізгіштігінің өзгеруін, сондай-ақ температураның өзгеруіне байланысты адсорбция жылдамдығының өзгеруін ескереді.

Зерттеу практикалық маңызды, адсорбциялық салқындату жүйелеріндегі жұмысшы жұптың (салқындатқыш / адсорбент) адсорбциялық сипаттамаларын жақсарту оның жұмысына оң әсер етеді. Кейін алынған нәтижелер толығымен күн энергиясымен жұмыс істейтін адсорбциялық тоңазытқышты жасауда қолданылады. Бұл технологияны шағын термостаттардан бастап температураны басқаратын үлкен қоймаларға дейін қолдануға болады.

Зерттеу нәтижелерін тексеру. Жұмыстың тақырыбы бойынша алынған нәтижелер келесі ғылыми іс-шараларда ұсынылды:

- «Жаратылыстанудың математикалық мәселелері. Кері және дұрыс емес тапсырмалар» қалалық ғылыми семинарында баяндама жасалынды, Алматы, 2019;
- студенттер мен жас ғалымдардың «Фараби әлемі» халықаралық ғылыми конференциясында баяндама жасалынды, Алматы, 8-11 сәуір, 2019;
- студенттер мен жас ғалымдардың «Фараби әлемі» халықаралық ғылыми конференциясында баяндама жасалынды, Алматы, 10-12 сәуір, 2018;
- студенттердің, магистранттардың және жас ғалымдардың XIII Халықаралық ғылыми конференциясы «Ломоносов-2017», Астана, 14-15 сәуір 2017 ж.

Сонымен қатар «Сұйық және газ механикасы» ғылыми семинарларында және «Механика» кафедрасының мәжілісінде баяндамалар жасалынды. Диссертацияның материалдары негізінде 7 мақала жарияланды, олардың біреуі халықаралық рецензияланатын импакт-факторы 3.2 болатын, Scopus мәліметтер базасында индекстелінген журналда, 3 мақала ҚР БжҒМ Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған журналдарда, үш тезис халықаралық ғылыми конференциялардың материалдары жинағында жарияланды.

Диссертацияның ғылыми ережелерінің, тұжырымдарының және нәтижелерінің шынайылығы мен негізділігі нөлдік емес импакт-факторы бар журналда алынған нәтижелерді жариялаумен расталады.

Зерттеу мақсаттарының толық орындалуын бағалау. Барлық зерттеу мақсаттары орындалған. Диссертация адсорбциялық салқындату жүйелерінде қолдану үшін шоғырландырылған белсендірілген көмірдің жылу және адсорбциялық сипаттамаларын зерттеуге арналған толық тәуелсіз зерттеу жұмысы болып табылады. Зерттеу нәтижелері мен алынған тәуелділік қисықтары орынды болып табылады.

Қорғауға ұсынылатын ережелер.

- Жақсартылған жылу өткізгіштігі және адсорбциялық жұтқыштық қабілеттілігі бар жаңа композитті адсорбент синтезделді және жан-жақты

талданды: әзірленген шоғырланған адсорбент бастапқы адсорбентке қарағанда 233% жоғары жылу өткізгіштік көрсетті;

- Абсолютті жұту екі түрлі болжамды қолдана отырып бағаланды және орташа дәлірек баға алынды, адсорбциялық изотерма модельдері жасалды. Нәтижелер эксперименттік мәліметтер мен модель арасында жақсы дәлдікті көрсетті. Дубинин-Астахов және Тосс модификацияланған модельдері үшін RMSD корреляциясының қателері сәйкесінше 0,62% және 0,56% құрады;

- Адсорбциялық жұтылуға байланысты кеуектілік пен Кнудсеннің диффузия коэффициентінің өзгеруін ескеретін жаңа математикалық модель жасалды. Модель сонымен қатар адсорбция процесі экзотермиялық болғандықтан, адсорбцияның жылуына байланысты адсорбция жылдамдығының температураға байланысты өзгерісін жүзеге асырады. Көмірқышқыл газы / активтендірілген көміртегі жұбы үшін Кнудсеннің диффузиялық тиімді коэффициенті қуыстың өлшем бойынша таралу қисығынан және тасымалданатын газдың сипаттамасын ескере отырып есептелді. Композиттің көмірқышқыл газын адсорбциялық жұтуын өлшеу үшін MSB-GS-100-10M жабдығында жүргізілген эксперимент модельденді.

Ғылыми тағылымдамалар. Халықаралық көміртекті-бейтарап энергетикалық зерттеулер институты (I2CNER), Кюшу университеті, Фукуока, Жапония, маусым-шілде 2017 жыл.

Жарияланымдар. Диссертацияның материалдары негізінде 7 мақала жарияланды, олардың біреуі халықаралық рецензияланатын импакт-факторы 3.2, Scopus мәліметтер базасында индекстелінетін International Journal of Refrigeration журналында, 3 мақала ҚР БжҒМ Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған журналдарда, үш тезис халықаралық ғылыми конференциялардың материалдары жинағында жарияланды

Ғылыми журналдардағы жарияланымдар:

1) Bakytnur Berdenova, Animesh Pal, Mahbubul Muttakin, Sourav Mitra, Kyaw Thu, Bidyut Baran Saha, Aidarkhan Kaltayev, A comprehensive study to evaluate absolute uptake of carbon dioxide adsorption onto composite adsorbent, International Journal of Refrigeration, Volume 100, April 2019, Pages 131-140, **Scopus**, https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2019.01.014
2) B.Berdenova and A.Kaltayev, “Review of adsorption and thermal characteristics of activated carbon and its application in ANG storage and ACS systems”, Vestnik nacional'noj akademii nauk RK, Kazakhstan, 2017, №3, Pages 27-36.
3) Б.Берденова, Е.Максум, «Регрессионный анализ для определения параметров моделей изотерм адсорбции», Вестник КазНИТУ, 2018г., номер №4, стр. 233-240.
4) Б.Берденова, «Математическая модель процесса докритической изотермической адсорбции CO2 на активированный уголь», Вестник КазНИТУ, 2019г., номер №6.

Халықаралық конференциялар материалындағы жарияланымдар:

1) Б. Берденова, «Стационарные системы адсорбционного охлаждения работающие на экологически чистых хладагентах», XIII

Международная научная конференция студентов, магистрантов и молодых ученых «Ломоносов-2017», г. Астана.

2) Е.Максум, Б.Берденова, «Термодинамический анализ адсорбционной системы охлаждения с рабочей парой активированный уголь/CO2», Конференция «V Международные Фарабиевские чтения», г. Алматы, 2018 г.
3) Б. Берденова, «Сверхкритический цикл работы холодильного оборудования на углекислом газе», Конференция «VI Международные Фарабиевские чтения», г. Алматы, 2019 г.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертация мәтіні келесі элементтерден тұрады: реферат, кіріспе, 5 бөлім, қорытынды, 67 атаудан тұратын пайдаланылған әдебиеттер тізімі және диссертация тақырыбы бойынша жарияланымдар тізімі. Жұмыс 65 беттен, 30 суреттер мен 8 кестелерден тұрады. 3-6-тараулар шетелдік ғылыми кеңесшімен бірлесе отырып жасалды және Жапониядағы ғылыми тағылымдаманың бөлігі болып табылады, жұмыс нәтижелері бойынша журналда бірлескен мақала жарияланды.

Кіріспеде адсорбциялық салқындату жүйелеріне, осындай жүйелердің жұмыс принципіне, артықшылықтары мен кемшіліктеріне шолу жасалынған. Онда сонымен қатар материалдың салқындату қабілетін арттырудың негізгі әдістері және адсорбциялық реакторларды ықшамдау тәсілдері көрсетілген. Пайдаланылатын негізгі әдістер - белсендірілген көмірдің жылу өткізгіштік қабілеттілігін арттыру және жоғарылату.

Үшінші тарауда белсендірілген көмір және көмірқышқыл газы жұбы үшін адсорбциялық жұтылуды өлшеуге арналған тәжірибелік қондырғының жұмыс әдісі мен принципі сипатталған. Сондай-ақ композициялық материалдың басқа өзіндік және адсорбциялық сипаттамалары келтірілген.

Төртінші және бесінші тарауларда абсолютті тепе-теңдік жұтылу екі түрлі болжамды қолдана отырып есептелінді және Дубинин-Астахов және Тосс изотерма модельдерінің параметрлері анықталды. Алтыншы тарауда адсорбция жылуы зерттелді.

Жетінші тарауда көмірқышқыл газы / белсендірілген көмір жұбы үшін Кнудсеннің диффузиялық тиімді коэффициенті қуыстың өлшем бойынша таралу қисығынан және тасымалданатын газдың сипаттамасын ескере отырып есептелді.

Қатты дене және газ интерфейсіндегі адсорбцияның сіңуін есептеу және адсорбция процесінің динамикасын егжей-тегжейлі сипаттау үшін изотермиялық емес реактивті сіңірудің математикалық моделі құрылды және шығарылды. Математикалық модель адсорбциялық жұтылуға тәуелді кеуектілік пен диффузия коэффициентінің өзгеруін ескереді. Композитті белсендірілген көмірдің көмірқышқыл газын жұтуын өлшеу үшін MSB-GS-100-10M жабдықтарында жүргізілген эксперимент модельденді.

Алынған нәтиже изотермиялық модельді қолдану арқылы алынған нәтижелермен мен эксперимент нәтижесімен салыстырылды. Изотермалды емес реактивті ағынның моделі көлемдік орташа адсорбциялау қисығын

дәлірек сипаттайды. Адсорбциялық жылудың бөлінуіне байланысты масса жұтылуының төмен жылдамдығын ескереді. Жылдамдық уақыт өте келе біртіндеп артады, өйткені жылу энергиясы үлгіні ұстағыш камерасында қоршаған ортаға таралады. Осылайша, осы әдіспен алынған тәуелділік қисықтары эксперимент нәтижелерімен жақсырақ сәйкес келеді. Нәтижелердегі қалдық ауытқулар / қателер таблетканың бүйірлері арқылы газдың енуін болдырмайтын бірөлшемді модельді қолданумен байланысты.

Қорытынды бөлімде диссертацияның негізгі нәтижелері мен қорытындылары келтірілген. Тәжірибелік мәліметтермен салыстыру өлшеу дәлдігін көрсетеді. Ұсынылған диссертацияның нәтижелері үлкен теориялық мәнге ие және оны шоғырландырылған блсендірілген көмірдің көмірқышқыл газын адсорбциялық жұту динамикасын егжей-тегжейлі сипаттау үшін пайдалануға болады. Диссертацияның негізгі ережелері мен тұжырымдары негізделген.