Академик Е.А.Бөкетов атындағы Қарағанды университеті

УДК 621.7: Қолжазба құқығында

НУСУПБЕКОВ УЛАН БЕКБОЛАТОВИЧ

Шикізаттан сұйық отын өнімін алудың электримпульстік технологиясын жобалау

8D05303 – Жылуфизика және теориялық жылутехника

Философия докторы (PhD) дәрежесіналу үшін диссертация

Ғылыми кеңесші:
PhD докторы, профессор
Хасенов Аянберген Каирбекович

Шетелдік ғылыми кеңесші:
Оңтүстік-батыс Неофит Рилский университетінің
профессоры, инженерия докторы Стоев Митко

Қазақстан Республикасы
Қарағанды, 2025

МАЗМҰНЫ

	АНЫҚТАМАЛАР, КӨРСЕТКІШТЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР	4
	КІРІСПЕ	5
1	**КӨМІР ОТЫНЫН ӨНДІРУДІҢ ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ ӘДІСТЕРІН ТАЛДАУ**	9
1.1	Көмір- су отыны (КСО)	9
1.1.1	Көмір-су отынын дайындаудың механикалық әдістері	10
1.1.2	Жанармай жағуға арналған кейбір оттық құрылғылардың түрлері	11
1.1.3	Көмір- су суспензияның (КСС) негізгі реологиялық қасиеттері	13
1.2	Көмір- су суспензияның (КСС) қолданудың экологияға әсері. Белгілі технологиялар, әдістер	16
1.3	Көмір- су отынның жануының физикалық қасиеттері	17
1.4	Жасанды сұйық композиттік отынды (ЖСКО) дайындау және оны циклондық алдын ала оттықтарда жағу тәсілдері	21
1.5	Көмір-су суспензиясын (КСС) дайындау үшін электримпульстік эффектіні (ЭГЭ) пайдалану	24
1.6	Пластификат- реагенттердің көмір-су отынының қасиеттеріне әсері	26
1.7	Электримпульстік разряд алуға мүмкіндік беретін жоғары вольтты генераторлар	29
1.8	Ғылыми зерттеу жұмысының мақсаты мен міндеттерінің қойылымы	34
2	**ТӘЖІРИБЕЛІК ЭЛЕКТРОГИДРОИМПУЛЬСТІК ТЕХНОЛОГИЯНЫ ЖАСАУ ЖӘНЕ ШИКІЗАТТЫ ҰНТАҚТАУҒА ПАЙДАЛАНУ. ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕМЕЛЕРІ**	35
2.1	Жоғары вольтты зерттеу құрылғысы	35
2.2	Ұсату (ұнтақтау) ұяшықтары	36
2.3	Көмірлерді әртүрлі әдістермен үгіту нәтижелері	38
2.4	Көмір-су суспензиясын үздіксіз алуға арналған электримпульстік әдіс	43
2.5	Ұнтақтау процесіне ауалық ұшқындық разрядтаушының әсері	44
2.6	Екінші бөлім бойынша қорытынды	47
3	**АЛЫНҒАН ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІН ТАЛДАУ**	49
3.1	Электродтар аралығында көмірдің ұсақталуының тәуелділік деңгейлері	49
3.2	Кузнецк көмір кеніші және Шұбаркөл өндірісі көмірінің массалық үлесін анықтау нәтижелері	52
3.3	Шұбаркөл мен Қарағанды КҚО көмір үлгілерінің өлшемдерін анықтау	55

3.4	Электримпульстік қондырғының жұмыс электродының тиімді жұмыс істеуін бағалау	60
3.5	Электримпульстік соққы санының көмірдің бастапқы фракцияларының ұсақталу сипатына әсері	65
3.6	Диаметрлері кішкентайкөмірден электримпульстік әдіспен төменгі деңгейдегі ұнтақ алу әдісі	67
3.7	Бөлім бойынша қорытынды	70
4	**КӨМІР-СУ ОТЫНДЫ ОТЫНДЫ ЖАҒУДЫҢ КЕЙБІР ТЕХНОЛОГИЯСЫ**	
4.1	Сулы-көмірлі отынды үрдісін компьютерлік бағдарламаны пайдаланып, сандық моделдеу	48
4.2	Көмір-су отынын үздіксіз дайындауға арналған зертханалық құрылғы	79
4.3	Отынды жағудың технологиялық сүлбесі	81
4.4	Цилиндрлік радиалды айналымды бүрку құрылғысы арқылы көмір–су отынын жағу технологиясы	84
4.5	Бөлім бойынша қорытынды	88
	Қорытынды	89
	Пайдаланған әдебиеттер тізімі	92
	Қосымша	

АНЫҚТАМАЛАР, КӨРСЕТКІШТЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

Осы диссертацияда келесі терминдер тиісті анықтамаларымен қолданылды:

ЭИ – электримпульсті

ЭИҚ – электримпульсті қондырғы

ПӘК – пайдалы әсер коэффициенті

$C, мкФ$ – конденсатор сыйымдылығы

$l_p, мм$ – түрлендіргіштегі электродтар аралығы

$U, кВ$ – разряд кернеуі

W, $Дж$ – разряд энергиясы

СКО – сулы-көмірлі отын

СКС – сулы-көмірлі суспензия

КІРІСПЕ

Қазіргі кезде көмір шикізатын өте көп көлемде өндіріс орындары тұтынады, алайда газ бен мұнай қорларының сарқылуына байланысты, осы шикізаттың қалдықтарын кәдеге асыру әрбір мемлекеттің алдына қойған мәселесі екені сөзсіз. Алайда, көмірден энергияны алу кезінде туатын экологиялық проблемалар әрдайым қауіпсіз және экологиялық-экономикалық тұрғыдан тиімді сүзгілерді пайдалану және енгізуді талап етеді, өйткені ол өндірілген отынды барынша пайдалану кезінде қоршаған ортаға айтарлықтай әсер етпеуі тиіс [1].

Сулы-көмірлі отынды дайындау мен жағу тәжірибелері нәтижелі болғандығына қарамастан, бұл технологиялар өндірісте және жартылай өндірісте кең қолданыс тапқан жоқ [2, 3].

Қазіргі таңда нарықта сұйық және газтектес жанармайлардың бағасының өсуі салдарынан олардың тапшылығын көруге болады. Осыған байланысты Қазақстанда және алыс-жақын шет елдерде кіші және орта энергетикада дәстүрлі емес энергия көздерін және көмірді қолдануға қызығушылық артып отыр. Келешекте мемлекет меншігіндегі көмір қорының көп болуына орай, энергетикада басты энергия көзі ретінде көмірдің қолданылу мөлшері артуы мүмкін. Бірақ экологиялық шектеуге байланысты, үнемді, тұрақты, қауіпсіз, және қоршаған ортаға зиянды әсерін азайту мақсатында қолданылатын және энергетикалық жүйеде жоғары мөлшерде қолдануға мүмкіндік беретін көмір өңдеу технологиясын енгізуді талап етеді [4, 5].

Сонымен қатар, көмір қалдықтарынан электрогидроимпульстік өңдеумен алынған сулы-көмірлі отынды аздаған тотықтырғышпен жағу үшін басқарылатын пневматикалық құрылғысының ерекше құрылымы ұсынылады [6, 7].

Диссертациялық жұмыстың өзектілігі.

Энергетика саласында дәстүрлі емес энергия көздерін пайдалану және энергияны үнемдейтін жаңа технологияларға көшу — бұл қоршаған ортаға зиянды әсерді азайтуға, сондай-ақ отынды өндіру, тасымалдау және тұтыну тиімділігін арттыруға бағытталған ғылыми негізделген жаңа тәсілдер мен технологияларды қажет етеді. Көрсетілген мәселелерді шешу үшін бәсекеге қабілетті көмір өңдеу технологиясын жасау және көмір қалдықтарын, сулы-көмірлі қоспа ретінде өндіріске қайта енгізу керек. Сулы-көмірлі отынды (СКО) өндірісте қолдану келесідей сұрақтарды шешуде өз септігін тигізеді, мысалы сұйық отынды тасымалдау кезінде ең тиімді транспорт түрі – құбыр желісі болып табылады. Сұйық отынның сапасының нашарлауы жойылады: тотығу үрдісі, физикалық үгілу, тозаңдану, қату және т, б., бұл – отынды транспорттау кезінде энергияны үнемдеудің және ресурсты сақтаудың басты элементі болып отыр. Сонымен қатар қала мен аймақтардың энергетикалық жүйелеріндегі және комплекстеріндегі мәселелерді бірден-бір тиімді шешу жолы[8].

Мұнай және газ қорының азаюы және әлем мемлекеттерінің атом электр станцияларының құрылысын тоқтатып, экологиялық таза отын түріне көшу мәселесі бүгінгі күні ғылым мен техниканың әр түрлі салаларында жағылатын көмірден қоршаған ортаға шығарылатын зиянды қалдықтарды төмендету және көп мөлшерде энергия алу мүмкіндіктерін жүзеге асыратын сулы-көмірлі отынды жағудың жаңа технологиясын жасау өзекті болып табылады.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты

Көмір қалдықтары шикізатынан көмір-су отыны өнімін алудың электримпульстік технологиясын жобалап, алынған отынды жағу.

Осы мақсатқа сәйкес келесі ***міндеттер*** қойылды:

1) Көмір қалдықтары мен шламдарынан көмір-су отыны (КСО) шикізатын алу үшін электроимпульстік қондырғы мен ұсатуға арналған жұмыс ұяшығын (ұсату камерасын) жобалау және дайындау.
2) Разряд кернеуі мен жұмыс электродтары аралығының өзгеруінің ұнтақталу нәтижелеріне әсерін зерттеу.
3) Көмір шикізатының ұсақталуына электримпульстік соққысанының әсерін анықтап, қоспа температурасының өзгеруіне талдау жасау.
4) Көмір-су отынын жағу процесін компьютерлік бағдарламала көмегімен сандық модельдеу, температураның таралу және қоспа бөлшектерінің оттық көлемінде сақталу уақытын анықтау.
5) Дайындалған сулы-көмірлі қоспаны арнайы тәжірибелік ошақтарда жағу арқылы оның жану процесін зерттеу және жану температурасының өзгерісін анықтау.

Зерттеу нысаны – Қарағанды облысында орналасқан шахталардан шығарылатын көмір шламдары. Көмір қалдықтары, басқарылатын пневматикалық бүріккіш құрылғы, әртүрлі өлшемдегі форсункалар.

Зерттеу әдіснамасы.

Көмір қалдықтарын өңдеу кезінде элекрогидроимпульстік технологиядағы электродтар аралығының, импульті разрядтар санының, конденсатор батареясы сыйымдылығының әр түрлі мәндерінде орындалды.

Жұмыстың мемлекеттік ғылыми бағдарламалар жоспарымен байланысы. Диссертация тақырыбы бойынша ғылыми зерттеулер ҚР Ғылым және жоғары білім министрлігінің Академик Е.А.Бөкетов атындағы Қарағанды университетінің Ғылым департаментінде, автор кіші ғылыми қызметкер ретінде тіркелген. Сонымен қатар Ж.С.Ақылбаев атындағы инженерлік жылу физикасы кафедрасында ұйымдастырылған инициативті тақырыптар аясында және 2022-2024 жылдарға ҚР Ғылым және жоғары білім министрлігінің гранттық қаржыландыру ғылыми-зерттеу жобасының «Минералды шикізатты, өндірістік және тұрмыстық қалдықтарды өңдеудің жоғары тиімді технологиясы» жобасы аясында орындалды, мемлекеттік тіркеу нөмірі № AP14870607, 2023-2025 жылдағы ҚР Ғылым және жоғары білім министрлігінің гранттық қаржыландыру ғылыми-зерттеу жобасының «Жылу тасымалдағыштарды жылытуға арналған

баламалы инерциялық гидродинамикалық қондырғыны әзірлеу және құру» жобасы аясында орындалды, мемлекеттік тіркеу нөмірі AP19678501.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы:

- алғаш рет Қарағанды аумағында өндірілетін, оның ішінде «Шұбаркөл Көмір» АҚ және Кузнецк көмір кенішінен диаметрі 3-5 мм-лік көмір шикізатын ұнтақтап, одан арнайы көмір-сулы отынды дайындауға мүмкіндік беретін электримпульстік қондырғы мен жұмыс ұяшығы (ұсату құрылғысы) жасалды. Ұнтақтау процесіне ауалық ұшқындық разрядтаушыдағы электродтардың пішінінің әсері анықталды. Жұмыс электродына жеткізілетін меншікті энергиясы $0{,}75\times10^4$Дж/м -ден $2{,}25\times10^4$ Дж/м -ге дейін өзгеріп, қажетті гранулометриялық құрамы (50÷250мкм) бар көмір-су суспензиясы алынды;

-алғаш рет жұмыс электродтар аралығы 10 мм кезде, оның ішінде диаметрі 80 мкм болатын ұсақ дисперсті фракцияның мөлшері - 5,2%, 80÷100 мкм - 1,4%, ал 100÷200 мкм – 8,4% құрады.

- диаметрлері кішкентай көмірден электримпульстік әдіспен ұнтақ алу кезінде қондырғының импульстік разрядтар саны 400-ден 2000-ға дейін өскен кезде ұсақтау құрылғысындағы көмірсутек отынының максималды температура шегі 55 ^{0}C болды және көмірді осы жолмен ұнтақтау қосымша салқындатуды қажет етпейтіні анықталды, себебі процесс сұйық ортада жүреді;

- көмірді ұсақтау және ұнтақтау процесін оңтайландыруға және жылу-энергетикалық қондырғылардың отын жағу камераларында жағу үшін көмір-су суспензияларын бүркуге мүмкіндік беретін құрылғылар әзірленді. Сандық эксперименттің деректері сызықтық тәуелділікпен жақсы жуықталып алынды: $t = 0.0149d + 0.4775$. Көмір қалдықтарынан электримпульстік өңдеумен алынған, көмір-сулы отынды бүрку үшін 300-500°C дейін қыздырылған бірінші ретті ауа қолданылды. Оттыққа енгізілетін ауа мөлшері 20 % құрады;

- Көмір-су отынын (КСО) үздіксіз дайындауға арналған тәжірибелік құрылғы жасалып, сынақтан өтті және су-көмір қоспасының тұтану температурасы 650 ºС басталатыны анықталды.

Қорғауға ұсынылған негізгі қағидалар

– Ұнтақтау құрылғысындағы оң электродының ұшы оқшаудан 20 мм шығыңқы болғанда және оқшау диаметрі мен электрод диаметрі D=2.5×d арақатынасында болғанда электродтың тиімді нұсқасы ұсынылды. Сонымен қатар, жұмыс ұяшығының теріс электродының қызметін атқарушы – металл цилиндрдің ішкі беті ойық жартылай сфералық пішінді болғанда материалды ұнтақтау дәрежесінің қарқындылығы шамамен 1,5 есеге артты;

– Көмір-су отыны үшін қажетті шикізат разряд кернеуі 28 кВ және импульсті разрядтардың саны 600 разрядта алынды. импульстік разрядтардың санын 400-ден 2000-ға дейін арттыра отырып, сулы-көмірді майдалағанда орта

температурасының ең жоғары шегі 55 ºС -ге жететіндігі анықталып, қосымша салқындату жұмыстарын жүргізу қажеттілігі туындамайтындығын көрсетті;

– Сандық модельдеу әдістері арқылы отын жағу құрылғысындағы, температураның таралу контурлары және қоспа бөлшектерінің оттық көлемінде сақталу уақыты анықталды. Су-көмір қоспасының тұтану температурасы 650 ºС басталатыны анықталды.

Жұмыстың теориялық және тәжірибелік құндылығы ол тұтынушылық қасиеттері жақсартылған тауарлық өнімді және көмір шламдарынан электрогидроимпульсті өңдеумен алынған сулы-көмір отындарды даярлау ұлттық ауқымда маңызды болып табылады және Қазақстан Республикасы үшін үлкен практикалық маңызға ие

Сонымен қатар біздің университетімізде оқытылатын кейбір білім бағдарламаларына, оның ішінде «Жылу энергетикасы», «Қоршаған ортаны қорғау және өмір тіршілігінің қауіпсіздігі» енгізілген.

Алынған мәліметтердің дұрыстығы мен сенімділігі конференцияның негізгі нәтижелерін, жарияланған ғылыми мақалаларды және іске асыру туралы актілерді сынау арқылы жинақталған және қайталанған эксперименттік мәліметтердің жеткілікті үлкен көлемімен расталады**.**

Жұмыс нәтижелерінің апробациясы. Диссертацияның негізгі нәтижелері алыс және жақын елдердегі Халықаралық ғылыми конференцияларда талқыланып және баяндалды, оның ішінде «Бейсызық жүйелердегі бейберекет және құрылымдар. Теория және тәжірибе» (16-18 маусым 2022 ж.) Павлодар, XXVIII International Scientific and Practical Conference «Unusual methods of development of science and thoughts» (2023, July 17-19), Madrid, Spain, XXIX International Scientific and Practical Conference «The role of society in the development of scientific ideas», (2023, July 24 – 26, Prague, Czech Republic.

Басылымдар. Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері 12 баспа жұмысында жарияланған, оның ішінде алыс шет елдердің жоғары рейтингті басылымдарында - 3 мақала, ҚР ҒжЖБ Ғылым және жоғары білім саласындағы бақылау комитеті ұсынған республикалық басылымдарда 4 мақала, ал халықаралық конференция материалдарында - 2 жарияланым, «Кенді және көмірді ұнтақтаудың электрогидравликалық тәсілі» ҚР Пайдалы модельге Патенті № 2022/0317.2 от 20.05.2022, бюл. №20 (Қосымша А) алынды.

Автордың жеке үлесі. Диссертацияда автор жүргізген зерттеулердің нәтижелері жинақталған. Мәселені қою, міндеттерді қалыптастыру және оларды шешу жолдарын іздеу, макетті әзірлеу және жасау, эксперимент жүргізу, ғылыми тұжырымдар мен практикалық ұсыныстарды автор жеке өзі немесе тікелей қатысуымен жүзеге асырылды.

Диссертацияның көлемі мен құрылымы. Диссертация кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытындыдан, 122 пайдаланылған әдебиеттер тізімі мен қосымшадан және 101 бет машинкамен басылған мәтіннен тұрады. Жұмыста 55 сурет пен 4 кесте бар.

1 КӨМІР ОТЫНЫН ӨНДІРУДІҢ ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ ӘДІСТЕРІН ТАЛДАУ

1.1 Көмір- су отыны (КСО)

Көмір – су отыны (КСО) - бұл су-көмір суспензиясының (ССС) ерекше дербес түрі. КСО көмірді шамамен 200 мкм немесе одан аз бөлікке дейін ұнтақтап, оны сумен араластыру арқылы жасалады. Бастапқы көмірдің көлеміне байланысты КСО құрамындағы көміртегі мөлшері 57-ден 70% - ға дейін (салмағы бойынша) болуы мүмкін. КСО ол әр түрлі маркалы қатты тас көмірлерден және қоңыр көмірден жасап шығарады. КСО экологиялық тұрғыдан таза және арзан жылу көзі ретінде пайдалануға болады [9, 10].

70-ші жылдардың басында әлемдік мұнай дағдарысының нәтижесінде Жапония, АҚШ, Италия сияқты елдерде КСО күрт дамыды. Алайда, 1980 жылдары мұнай бағасы тұрақтанғаннан кейін бұл оқиғалар айтарлықтай баяулап, ал дамудың жаңа толқыны 90-жылдардың басында басталды.

КСРО-да 1989 жылы "Гидрокөміртек құбыры" ФМУ басшылығымен ұзындығы 262 км Белово-Новосибирск көмір құбыры әзірленіп, салынған. Ол отынды Беловодағы байыту қондырғысында өндіріп, көмір құбыры арқылы Новосибирскідеге 5-і ЖЭО жіберіп, мазутты алмастырғыш ретінде пайдаланған. Бұл КСО пайдаланудың эффективті тиімділігін көрсеткен. Қазіргі уақытта мұнай мен газ бағасының күрт өсуі жағдайында КСО тиімділігі өзекті бола түсуде.

КСО ны өндіріс орнында пайдалану:

- 1 тонна шартты отынның (ШО) құнын төмендетуге;
- сақтау, тасымалдау және жағу кезінде пайдалану шығындарын 20-30%-ға төмендетуге
- өндірілетін жылу энергия бірлігінің өзіндік құнын 1,3-5,0 есеге төмендетуге мүмкіндік береді.

КСО көміртегі бөлшектерінің толық жануының арқасында атмосфераға зиянды газдар шығарындылары минималды шығындары шығады, көбінесе оны мұнайды жағудан шығатын газдармен салыстыруға болады және де:

- қауіпсіз заттарға сәйкес келеді, құрамында агрессивті және қауіпті компоненттер жоқ;
- атмосфераға зиянды шығарындыларды (шаң, азот оксидтері, күкірт диоксиді және т. б.) 1,5 - 3,5 есе азайтуға мүмкіндік береді;
- апаттық төгінділер кезінде қоршаған ортаны ластамайды.

КСО жағу нәтижесінде пайда болатын күлден құрылысқа қажетті материалдар жасауға болады. Ал оны сақтау үшін, мазут сияқты 70 градусқа дейін қыздыруды қажет етпейді. Бір кемшілігі, ол қатып қалмас үшін оң температураны ұстап тұру қажет [11].

Бұл ретте, электрмен жабдықтау қазандықтарының ішінде қождың (шлак) пайда болуы азаяды.

1.1.1 Көмір-су отынын дайындаудың механикалық әдістері

Көмір-су отынын дайындаудың классикалық әдісі үш негізгі фазадан тұрады:
1. Шикі көмірді қажетті фракцияларға дейін ұсақтау 10..20мм;
2. Көмірді ылғал ортада ұнтақтау (судың қатысуымен);
3. Гомогенизация, сақтау.

Сурет 1.1 - КСО дайындауға арналған діріл диірмендері (2* 1,5 т/сағ)

Көмірді бірінші кезеңде ұсақтау үшін стандартты ұсатқыштар қолданылады: балғалы, щектік және т.б. Ұнтақтағыштарды таңдау көмірдің түріне және оның қасиеттеріне байланысты жүзеге асырылады, оған күлділігі, ылғалдылығы, беріктігі мен қаттылығы жатады.

Ең жиі қолданылатындардың қатарына, әртүрлі дымқыл ұнтақтау конструкциялары бар діріл диірмендерін жатқызуға болады. Діріл диірмендерінде ұнтақтағышқа диаметрі 20..50 мм шарлар бекітіледі. Шарлардың диаметрін таңдау, бөлшектердің диірменнен шығатын мөлшерінің таралуын анықтауға мүмкіндік береді. Діріл диірмендерін қолдану тәжірибесі КСО ғы бөлшектердің мөлшері мен ылғалдылығының болжамды таралу мәніне қол жеткізуге мүмкіндік беретін арнайы сұрыптағыштар (классификаторлар) орнату қажет. Сонымен, бірге діріл жабдығында КСО әзірлеу, әдетте, тұйық контур бойынша жүзеге асырылады [12].

Ылғал ұнтақтаудан басқа, дірілдеткіштерде қосымша гомогенизаторды қолдану ұсынылады. Діріл диірмендерде КСО дайындауға жұмсалатын энергия шығыны, әдетте, өнімнің рециркуляциясын қоспағанда, **55 кВт*сағ/т** құрайды.

Пластификатор қоспаларын қолданбай, кем дегенде 3-5 күн тұрақты көмір-се отыныу сақтауға болады, бұл КСО дайындау технологиясын айтарлықтай

жеңілдетеді. Бұл тұрақтылық КСО тез қолданғанда тиімді. Егер мұнда ұзақ уақыт сақтау қажет болса (мысалы, тасымалдау үшін), онда арнайы пластификаторларды пайдалану қажет [6 б.84].

1.1.2 Жанармай жағуға арналған кейбір оттық құрылғылардың түрлері

Жану құрылғылары кез-келген жылыту қондырғысының жылу жүйесінің маңызды элементі болып табылады. Оттық құрылғысын дұрыс таңдау, оны пайдалану шарттарына сәйкес қондырғыда ұтымды орнату өнімділік пен тиімділікке, кейде бүкіл қондырғының ПӘК әсерін тигізеді. Жанармай жағу құрылғысы, жану жабдықтарының негізгі элементтерінің бірі ретінде, бөлімнің барлық жылу жұмысын анықтайды.

Конструкциясының ерекшеліктеріне сай жану, оттыққа отын мен ауаны беруге, араластыру компоненттерінің қарқындылығына, отынның жану өнімдерінің құрамы мен алаудың аэродинамикасына әсерімен сипатталады. Жағу құрылғысының жұмысы жылу қондырғысының жұмыс қауіпсіздігіне тікелей байланысты, әсіресе оны іске қосу және тоқтату кезеңдерінде.

Жағу құрылғысын таңдау технологияның талаптарын барынша қанағаттандыратын жанармай жағу құрылғылары үшін жалпы жағдайларды ескере отырып отын жану процесі жүргізілуі тиіс. Алайда, оттықтардың бір немесе басқа түрінің әмбебаптығы және осы түрдің басқалардан абсолютті артықшылығы туралы кейде айтылған пікірлер мүлдем қате болады. Жағу құрылғыларының "жақсы" немесе "жаман" түрлері жоқ, олар осы нақты жағдайларға сәйкес келуі немесе келмеуі мүмкін. Газ жағу оттықтары жоғары калориялы (табиғи) және төмен калориялы (домендік және т.б.) газдарға арналған оттықтарға бөлінеді. Бірінші жағдайда, берілген ауаның массасы газдың массасынан анағұрлым үлкен болса, ал екіншісінде ауа мен газдың массалары бірдей болады. Термиялық ыдырау мүмкіндігін болдырмау үшін құрамында жоғары молекулалық көміртегі қосылыстары бар жоғары калориялы табиғи газдар көбіне қызбайды.

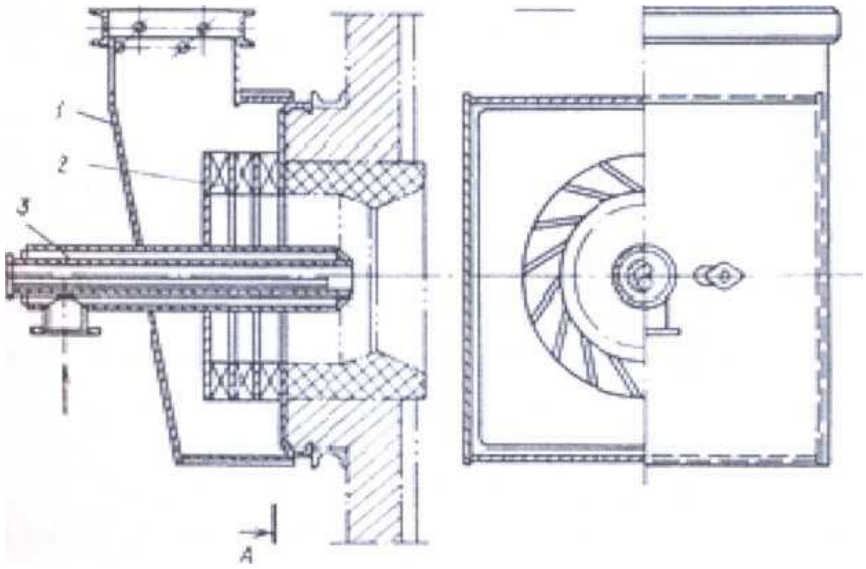
Жоғары калориялы газдың ауамен қоспасын жану камерасына жіберу жылдамдығы 25-50 м/с құрайды.

$$\frac{\mathrm{H}}{\mathrm{d}} = \mathrm{K_s}\frac{\mathrm{W_Г}}{\mathrm{W_B}}\sqrt{\frac{\rho_\Г}{\rho_\mathrm{B}}}.$$

мұндағы H – ағынға қоспаның ену кезіндегі абсолютті тереңдігі, яғни ағын бағытын қабылдаған ағын осіне дейінгі қашықтық; d-газ соплосының диаметрі; K_s-соплолар арасындағы салыстырмалы қадамға тәуелді тәжірибе коэффициенті, егер S/d=4,27; 8,7 және 12 болса, сәйкесінше K_s=l,6; 1,7 және 1,8; s-көршілес соплолардың осьтері арасындағы қашықтық; $W_г$ және W_B - соплодан шығатын газдың ағу жылдамдығы және ауа ағынының орташа жылдамдығы; $\rho_г$және $\rho_в$ −газ бен ауаның тығыздығы, кг/м^3.

Жоғары калориялы газдарды жағудың құйынды әдісі үшін аралас құйынды газ-мазут отықтары қолданылады.

Энергетикалық қазандықтарда газмазутты оттықтарда газ бөлігіндегі араластырғыш құрылғы газды оның ошағына ауамен ішінара араластыру арқылы пайдаланады.



1-қорап; 2-тангенциалды регистр; 3-газды жеткізугеарналғансақиналыарна

Сурет 1.2 - ТКЗ газ-мазут оттығы

Газмазутты оттықтар ауаны арнайы айналдырып беретін құрылғысымен ерекшеленеді және ол тангенциалды және осьтік деп, екі типке бөлінеді. Сонымен қатар, оттықтың өзінде бір ағынды немесе екі ағынды ауа тарату жүйесі қолданылады.

ТКЗ газмазутты оттығы тангенциалды регистрмен және газды ортасымен тарату жүйесімен жабдықталған (1.2-сурет).

Регистрден шыққан ауа ошақ аймағына бұратылған немесе құйындатылған ағынмен жіберіледі. Газ сақиналы арна және арнаның соңындағы радиалды тесіктер арқылы беріледі. Мазут форсункасы тұтану құрылғысымен және қашықтан басқару элементімен жабдықталған. Газмазут оттықтарының мазут бойынша өнімділігі 1-ден 16 т/сағ-қа дейін, ал газ бойынша-10000 $м^3$/сағ дейінгі шаманы құрайды. Ауаның негізгі мөлшері тікелей ағынмен беріледі. Басқару спектрін кеңейту үшін оның 45% - ы орта арна, қалғаны сыртқы арна арқылы алынады. Сыртқы арна арқылы ауа беру жүктемесі 65-70% дейін төмендеген кезде тоқтатылады [13-16].

Көмірді су-көмірлі қоспа түрінде қолдана бастаған жылдардан бастап, оларды алыс қашықтықтарға тасымалдау мүмкіндігі де зерттеле бастады. Сұйық фаза ретінде көптеген заттектерді қолданды, бірақ ең қолайлысы су болып шықты [17, 18].

Қазіргі таңда көмірді гидротасымалдаудың негізгі технологиясы екі: ламинарлы және турбулентті режимде жүреді. Бірінші технология бойынша тұрақты жоғарыконцентрленген, қатты фаза үлесі 55% дан жоғары болатын және бөлшектердің максималды ірілігі 200 (500) мкм аспайтын су-көмірлі суспензия қолданылады. Екінші технология бойынша қатты фаза үлесі 50%-ға дейінгі, ірі (бөлшектердің максималды ірілігі 1,5 мм -ге дейін және одан жоғары) және ұсақ тұрақсыз көмір бөлшектерінен алынған су-көмірлі суспензия қолданылады [19].

1.1.3 Көмір- су суспензияның (КСС) негізгі реологиялық қасиеттері

Су-көмірлі суспензияның негізгі реологиялық қасиеттеріне эффективті тұтқырлық жатады. Суспензия тұтқырлығын анықтаудың теориялық тәуелділіктерінің ішінде кең таралғаны – Эйнштейннің сұйылтылған суспензияларға арналған формуласы [20]:

$$\mu/\mu_{ж} = 1 + 2{,}5*\varphi_{т}, \qquad (1.1)$$

мұндағы

μ - суспензияның эффективті тұтқырлығы, Па-с;

$\mu_{ж}$ - сұйық фазаның тұтқырлығы, Па-с;

$\varphi_{т}$ - қатты фазаның көлемді үлесі, бірлік үлес.

Алайда $\varphi_{т}$ - ның мәні 0,4 аспағандықтан, (1.1) формула өз тиімділігін жоғалтады.

Қатты дисперсті су-көмірлі суспензиялар үшін қолданылатын жалпыланған формула келесідей жазылады:

$$\mu = \mu_{ж}(1+ a\ \varphi_{-45}), \qquad (1.2)$$

мұндағы

а - график бойынша анықталатын коэффициент;

φ_{-45} - су-көмірлі суспензиядағы бөлшектердің ірілігі - 45 мкм-ден аспайтын көлемді үлесі.

Жоғарыконцентрленген суспензияның тұтқырлығын есептеу үшін, бірнеше формула алынған болатын, солардың ішіндегі [21]:

Томас формуласы

$$\mu/\mu_{ж} = 1 + 2{,}5*\varphi_{т} + 10{,}05\varphi_{т}^{2} + 0{,}00273\exp(-16{,}6*\varphi_{т}), \qquad (1.3)$$

Франкель және Акривас формуласы:

$$\mu = \mu_{ж}*((3*z)/ 16) * ((\varphi_{max}/\varphi_{т})^{1/3} -1)^{-1}, \qquad (1.4)$$

мұндағы

φ_{max} - тығыз нығыздалған қатты фаза бөлшектерінің $\varphi_т$ көлемді үлесінің шамасы;

z - берілген бөлшекпен байланысқан бөлшектер саны.

Кейбір жұмыстарда, өте оңай және өте ыңғайлы тәуелділіктер алынады, мысалы Патен және Рассел формуласы:

$$\mu/\mu_ж = (1 - \varphi_т/\varphi_м)^{-\beta}, \quad (1.5)$$

мұндағы

β коэффициент $\varphi_т$ =0-ге тең болғанда, (1.2) формула бізге белгілі (1.1) формулаға түрленеді, яғни β =2,5 $\varphi_т$ = 1,5;

Чанг, Христианс және Баер формуласыда:

$$\mu/\mu_ж = (1 + 0{,}75 * ((\varphi_т/\varphi_м) / (1 - \varphi_т/\varphi_м)))^2, \quad (1.6)$$

Алайда қарастырлыған (1.1) - (1.6) формулалардың ешқайсысы (1.2)-ден басқа, су-көмірлі суспензияның шынай дисперсті жүйесінің полидисперстілігін ескермейді. Сонымен бірге, зерттеулер нәтижесі және гидротасымал жүйесін қолдану тәжірибесі көрсеткендей, дисперсті фазаның гранулометриялық құрамы қатты фазаның көлемдік және массалық үлесінің жоғары мәнінде суспензия тұтқырлығына елеулі әсер етеді.

Кондратьев А.С және Седова Т.Д. феноменологиялық моделінен [22] алынған формуласы жоғарыда айтылған шарттарға сәйкес келеді:

$$\frac{\mu}{\mu_ж} = \exp\left(\sum_{i=1}^{n} \alpha_i \times \frac{\varphi_{т_i}}{\frac{\varphi_т - \sum_{i=1}^{n} \varphi_{т_{i-1}}}{\varphi_{max}}}\right)^2. \quad (1.7)$$

мұндағы

$\varphi_{т_i}$ - i -фракциясының көлемді (i=1,2f...n) концентрациясы;

α_i - і-фракциясы (формасы сфера тәріздес бөлшектер үшін α=2,5) бөлшектерінің формасын ескеретін коэффициент.

(1.7) формула і-фракциясының бөлек суперпозиция түріндегі шынайы гранулометриялық құрамының полидисперстілігін ескереді.

Су-көмірлі суспензияны дайындау технологиясының мақсаты, бимодальды немесе оған жақын гранулометриялық құрамды алу. Жоғарыдисперсті балшық түріндегі су суспензиясының концентрациясы 5-15% кезінде $\varphi_с$ аймағына ($\varphi_{с_2}$, яғни $\tau_{пр}$ лезде өседі) өту байқалады. Демек, құрамында көбісі балшық түріндегі минералды компоненттері бар сулы-көмірлі суспензия, сұйық диспергация үдерісі жүргенде, концентрация диапазоны $\varphi_{с_1}$-ден $\varphi_{с_2}$ аралығындағы көмір күлділігі микронды бөлшектерге айналғанда елеулі әсер етеді.

Қатты дисперсті орташа концентрленген сулы-көмірлі суспензия құрамындағы қатты фазаның массалық үлесі 50% жақын болғанда, ал көмір

күлділігі 10-14% аралығанда болғанда, ньютондық тұтқыр сұйықтар параметріне сәйкес келеді және дисперсті жүйені БАЗ қолданып модификациялау үдерісі қажет болмай қалады. Сонымен бірге жоғары концентрленген сулы-көмірлі суспензия құрамында шамалы ғана балшық түріндегі заттардың болуы, суспензияның тұтқырлығының артып кетуімен аққыштық қасиетінің жоғалуына әкеледі.

Сонымен, суспензияның оптималды гранулометриялық құрамын анықтау міндетті, бірақ сулы-көмірлі суспензия дайындау үшін басты шарт емес. Тұрақты және аққыштық қасиеті жақсы жоғары концентрленген су-көмірлі суспензияны алу, жоғары эффективті пластификаторларсыз мүмкін емес [23,24].

Жоғары концентрленген су-көмірлі суспензия, максималды қатты фаза бөлшектерінің ірілігі шаң тәрәздес жаққандағы көмірдің шамасына (0-200 (500) мкм) сәйкес келетін дайын отын болып табылады. Жылу қозғалтқыштарында жағуға арналған су-көмірлі суспензияның бөлшектерінің ірілігі, қазандықтың активті жану аймағында қысқа уақыт ішінде толық жануы үшін әлде қайда ұсақ (10 мккм дейін) болуға тиіс [2 б.96].

Су суспензия құрамындағы отынның жылу шығару мүмкіндігін төмендететін қажетсіз балласт. Сондықтан суспензия дайындау процессі кезінде қатты фазаның массалық үлесінің максималды мәніне жеткізу керек және оның релогиялық қасиеттерін сақтап қалу керек.

Су-көмірлі суспензияның маңызды қасиеттерінің біріне, оның құрамындағы қатты фазаның минералды компоненті - күлділік жатады. Су-көмірлі отынды экологиялық таза және эффективті қолдану ультратаза және күлділігі аз суспензияны қолдану кезінде қамтамасыз етіледі. Алайда қазіргі таңда терең байыту (A^d<1-2.5) процессі дайындалу үстінде және ол өндірістік масштабта енгізілген жоқ [25]. Энергетикада байытылған көмірді қолданғанның анықталған артықшылықтарына қарамастан, отандық көмір өндірісінің аз ғана бөлігі байытылуға жіберіледі.

Су-көмірлі суспензиялар дәстүрлі отын түрлерімен салыстырғанда экологиялық және технологиялық артықшылықтары бар болғандықтан, өндірістің және ТКШ-тың көпетеген салаларында: ЖЭО-ның үлкен қазандықтарынан газ турбинді және дизелді қозғалтқыштарда қолданылатын отындарды газификациялауда шикізат ретінде қолданыс таба алады. Сонымен қатар, су-көмірлі суспензияны қолдану, қоршаған ортаға келтіретін зиянды әсерді азайтады [26, 27].

1.2 Көмір- су суспензияның (КСС) қолданудың экологияға әсері. Белгілі технологиялар, әдістер

Коммерциялық энергетикалық ресурстарды жалпы тұтыну 1990 ж әлемде 11,5 млрд. тоннадай болды, және сәйкесінше 87 % органикалық отын, 6 % - ядролық энергия, 7 % - су энергиясы [28].

ДКВР-10/13 қазандығында КСС жағудың тәжірбиесі көрсеткендей, қазандыққа сулы-көмір отынын беру кезінде қазандық жұмысының экологиялық параметрлері жақсарады: азот оксидтері қалдықтары 30-40 % төмендеді, атмосфераға шығарылатын қатты бөлшектер қалдықтары 1,5-2,0 есеге төмендеген. Отынның жану толымсыздығының дәрежесі 17-20 % азайып, ал қазандықтың ПӘК 17-19,5 % артқан [29].

Жалпы КСС жағу және тасымалдау, сақтау, алу бойынша кешендер, көміртозаңды жағумен салыстырғанда, барлық кезеңдерде анағұрлым таза өндіріс болып табылады. Бұл фактор көбінесе ескерілмейді немесе КСС қазандықтарда және ЖЭС пайдаланудың тиімділігін есептеу кезінде күмән келтіріледі [30].

Суспензияны дайындау процессі кезінде қатты фазаның максималды ірілігі келесі технологиялық операциялармен оның бағытталу мақсатымен анықталады. Көмірді гидравликалық және механогидравликалық өңдеу кезінде төменконцентрленген қатты бөлшектердің масималды ірілігі 100 мм -ге дейінгі көмір пульпасы пайда болады. Көмір пульпаларын гидротасымалдау жақын қашықтыққа (10-15 км дейін) жоғары арынды сорғылармен құбыр ішінде турбулентті режимде тасымалданады. Магистральды гидротасымал үшін қашықтығы 100 немесе оданда жоғары шақырымдарға тасымалдау үшін орташа концентрленген ірі дисперсті және жоғары концентрленген ұсақ дисперсті су көмірлі суспензиясы жарамды. Ірі дисперсті орташа концентрленген суспензияны жағу алдында қосымша ұсақтаудан (200 мкм дейін) және кептіруден өтеді [31].

Су-көмірлі суспензияны келесі топтар бойынша жіктеуге болады (1.1- кесте).

Кесте 1.1

Су-көмірлі суспензияның жіктелуі

Параметрлер	Шартты белгілер, өлшем бірлігі	Параметрлердіөлшеу диапазоны	Су-көмірлі суспензияның түрі
Суспензиядағы көмір бөлшектерінің маскималды ірілігі	D_{max}, мм	$D_{max} \leq 0{,}01$ $0{,}01 \leq D_{max} \leq 0{,}5$ $0{,}5 \leq D_{max} \leq 13$ $13 \leq D_{max}$	Ультра ұсақталған Ұсақдисперсті Қаттыдисперсті Көмір пульпасы
Суспензиядағы қатты фазаның массалық үлесі	C_m, % мас.	$0 < C_m < 45$ $45 \leq C_m \leq 55$ $55 < C_m \leq 75$ $75 < C_m$	Азконцентрленген Орташаконцентрленген Жоғарыконцентрленген Көмір пастасы
Суспензиядағы көмір күлділігі	A^d, % мас.	$A^d < 1$ $1 \leq A^d \leq 8$ $8 < A^d \leq 20$ $20 < A^d \leq 70$ $70 < A^d$	Ультратаза Күлділігі аз Күлділігі орташа Күлділігі жоғары Қалдықтар

Реологиялық параметрлерінің мәніне байланысты су-көмірлі суспензиялар ньютондық және ньютондық емес сұйықтар қасиеттерін көрсетеді [32].

Әсер ету уақытын азайтқанда сұйықтың құрылымы қайта қалпына келе бастайды. Егер бастапқыда ығысу жылдамдығы артса, содан соң кемісе, гистерезис құбылысы пайда болады. Өз кезегінде тиксотропия псевдопластикалық және пластикалық сұйықтарда кездеседі. Үшінші топтағы тұтқыр созылмалы сұйықтар қатты (созылмалы формасының қалпына келуі) және сұйық заттың (тұтқыр ағыс) қасиеттерін қабылдайды. Су-көмірлі суспензияның реологиялық қасиеттері қатты фазаның дисперсті қасиетімен (химиялық құрамы және көмірдің минералды бөлшегінің үлесімен, қатты фазаның массалық үлесімен және гранулометриялық құрамымен және т.б.), дисперсті ортамен және қолданылатын пластификатор қоспасының түрімен анықталады [33].

Кең таралған су-көмірлі суспензия бірінші және екінші топтағы ньютондық және тиксотропты қасиеті бар ньютондық емес тұтқыр сұйықтарға жатады [34].

1.3 Көмір-су отынның жануының физикалық қасиеттері

КСС жану процесі отынның дәстүрлі түрлерінен ерекшеленеді. Тамшының беткі бөліктерінің белсендірілуі көмір шаңының тұтануымен салыстырғанда сулы көмірлі суспензиялардың тұтану температураларының төмендеуіне алып келеді: антрациттан жасалған отын үшін – 2 есе, Г және Д маркалы көмірден – 1,5-1,8 есе, қоңыр көмірден жасалған отын үшін ол 300-325 °С дейін төмендейді. КСО жану процесі отынның жануының жоғары толықтығымен (98-99,7%), ауаның аздаған молдығымен сипатталады (3-7%). Микронды фракциялардың (80-95% дейін), күкірт оксидтерінің (70-85% дейін) және азот оксидтерінің (80-90% дейін) қатты бөлшектерінің қалдықтарының түзілуі күрт қысқарады. Жану кезінде күлдің ұсақ дисперсті бөлшектері ірі бөлшектерге бірігеді (0,3– 0,5 мкм), берік кеуекті ксеносфералар әдеттегі механикалық сепараторларда оңай бөлінеді. Мұндай күлді агломераттардың күлтұту деңгейі 99–99,5 % жетеді, бұл автмосфераға шығатын қатты бөлшектердің қалдықтарын күрт қысқаратады [35-37].

Бүгінгі таңда КСО жағудың келесі тәсілдерін көрсетуге болады: КСС бүркігіш арқылы (ортадан тепкіш, форкамерлі, құрамдастырылған және т.б.) немесе жалындатып жағуға бөлуге болады [38, 39].

Қазіргі таңда аса күрделі емес, бірақ оттықтарда әркелкі отындарды құрамдастырылған жалындатып жағудың сенімді технологиялары бар. Қуаты аз және орташа қазандықтарды сулы көмірлі отынды жағуға ауыстыру бойынша тәжірбиелік жұмыстар қазандықтардың ПЭК 20–25 % көтеріп қана қоймай, қазандықтар маңындағы экологиялық жағдайды айтарлықтай жақсартады [40].

Қолда бар объектілерде (яғни, жетілдіру кезінде) КСС пайдалану кезінде анағұрлым қолайлы тәсіл КСС әлдеқашан пайдаланылатын отын түрлерімен бірге жағу болып табылады: газ, мазут немесе көмір. Бұл жағдайда КСС

қазандыққа бір немесе бірнеше оттық арқылы беріледі. Газды және мазутты қазандықтарда КСС үлесі 25 % бастап газды (мазутты) толық алмастырғанға дейін құрау мүмкін, сонымен қатар КСС максимум үлесі бастапқы көмірдің күлділігімен және күл тұтудің тиісті жүйелерінің болуымен анықталады[41].

КСС сұйық күйде беру жүйесі оларды өнеркәсіпте дәстүрлі мұнай өнімдерімен және газбен бірге пайдалануға мүмкіндік береді. Өнеркәсіптің мұндай салаларының бірі – металлургия. КСС дизель қозғалтқыш және газ турбинасында отын ретінде пайдалану қарқынды түрде АҚШ әзірленуде [42].

Көмірді және КСО жағудың бірнеше негізгі тәсілдерге бөлінеді: ыдыраңқы түрде камералық жағу, жағудың қабаттық тәсілі, қайнау қабатында жағу, төмен температуралы вихрлік тәсіл [43].

КСО анағұрлым тиімді, төмен реакциялық балласталған отын ретінде қайнау қабатында (ҚҚ) немесе айналма қайнау қабатында (АҚҚ) жағылуы мүмкін. Қазіргі таңда ҚҚ және АҚҚ бар қазандықтарды шет елдерде кеңінен пайдаланады, оларда сапасы төмен отындарды және жанғыш қалдықтарды пайдалану мүмкіндігінің салдары. Ресей және ТМД елдерінде мұндай қазандықтар тиісті таралмаған, оның себептері: қазандықтарды автоматтандырудың және пайдаланудың талап етілетін жоғары деңгейлері, өзіндік қажеттіліктерге кететін электр қуатының жоғары шығындары (2-3 есе) [44, 45].

Құйынды ошақта от жағу процесін баптау кезінде түтіндегі зиянды қалдықтардың минимум концентрациясымен режим орнату ықтимал [46, 47].

Сонымен, қазіргі уақытта отын-энергетика кешенінің қарқынды дамуына байланысты тұтынылатын қатты отын көлемі жыл сайын артып келеді. Зерттеу материалынан белгілі болғандай, әлемдік тәжірибеде энергетикалық жүйелер әртүрлі экологиялық мәселелер сияқты бірқатар мәселелерден зардап шегеді, сонымен қатар ұзақ мерзімді энергетикалық қауіпсіздікке күмән келтіреді. Осыған байланысты олар болашақта дәстүрлі емес энергия көздерін көптеп пайдалану ұсынылады [48].

[49] әдебиеттегі авторлардың еңбегінде көмір отынын пайдалану перспективалары өте жақсы сипатталған. Қазіргі уақытта бұл бағыт тек Украина үшін ғана емес, Батыс Еуропа үшін де өте маңызды, өйткені Украинаның жалпы отын балансының 80% - дан астамы табиғи газ болып табылады. Табиғи газ бен мұнайды қоса алғанда, энергия ресурстарының жетіспеушілігі энергетикалық компанияларға баламалы отын көздерін одан әрі құруға және пайдалануға көмектеседі.

Осы аталғандарды ескере отырып, біз кейбір шетелдік жұмыстарға қысқаша шолулар жасадық. [50] жұмыс, әр түрлі фракциялардағы көмір қоспаларын қолдану пропорцияларын сипаттаған (50-75% көмір, бөлшектердің максималды мөлшері шамамен 300 мкм; 25-50% су; диспергаторлар немесе беттік белсенді заттар сияқты 1% қоспалар). Дегенмен, көмірдің әртүрлі маркаларына, сондай-ақ жүргізілген зерттеулердің нәтижелерінен нақты пропорцияны бағалау мүмкін емес.

Механикалық ұнтақтағыштар бөлшектерді (көмір, көмір шламы және т. б.) ұсақтау және ұнтақтау үшін және тұрақты екілік отын жүйелерін алу үшін пайдаланылатынын көрсетеді, олар өз кезегінде белгілі бір кемшіліктерге ие, соның ішінде олар энергияны көп қажет етеді және жоғары энергия тұтынуды қажет етеді, содан кейін олардағы өнімдерді ұнтақтау кезінде металл қоспалары пайда болады [51]. Бұл қоспалар инжекторлардың жұмысына ғана емес, бүкіл отын жүйесіне теріс әсер етуі мүмкін.

Көрсетілген [52] мақалада, авторлар алынған қоспалардың реологиясы негізінен тоқтатылған суспензия бөлшектерінің эксперименттері арқылы зерттеген және осы негізде суспензияның ньютондық тұтқырлығын болжау үшін корреляциялар алған. Алайда, өздеріңіз білетіндей, әртүрлі материалдардың бөлшектері (көмір, шлам, көмір, тұнба және т.б.) тығыздық пен пішін сияқты физикалық және геометриялық қасиеттерімен ерекшеленеді. Осылайша, құбыр арқылы айдау кезіндегі нақты ағын схемасы материалға (мысалы, тұнба) және қолданылатын материалға (көмір, шлам және т.б.) байланысты өзгереді.

Ал [53] жұмыста, коммерциялық мақсатта қолданылатын суспензияларды (ньютондық емес суспензиялар) дайындаудың жеке әдістерін және олардың сипаттамаларын көрсеткен, бірақ отынның бұл түрі дәстүрлі жану материалдарынан айтарлықтай ерекшеленеді. Сондықтан оны практикалық тұрғыдан қолдануды бағалау қиын.

Кейде дәстүрлі отынмен салыстырғанда шымтезектен, көмірді қайта өңдеу қалдықтарынан (шлам және сүзгі шламы) және пайдаланылған турбина майы қосылған қоңыр көмірден (10% үлесі бар) жасалған шлам отынының тұтанғыштығы туралы салыстырмалы деректер эксперименталды түрде терең зерттеліп, алынған [54]. Алайда, пайдаланылған турбиналық майдың жоғары құны мен тапшылығына байланысты бұл қоспаларды көмір отынын дайындау үшін пайдалану мүмкін емес.

Төмен сапалы флотация және ұсақ көмірді сусыздандыру кезінде көмір шламы пайда болады [55]. Бұл деңгей қайта өңделетін көмірдің жалпы көлемінің шамамен 0,5−10% құрайды, ал шламды пайдаланатын қоймалар мен гидравликалық тұндырғыштар үлкен аумақтарды алып жатыр және шламдағы көмір қарқынды тотығады. Бұл процесс қоршаған ортаға қатты әсер етеді және экологиялық тұрғыдан зиянды. Сондықтан энергетика секторында пайдалану үшін көмір шламын одан әрі өңдеу өнеркәсіп пен энергетиканың өзекті міндеті болып табылады және, өздеріңіз білетіндей, энергия тұтынудың белгілі бір көлемін талап етеді.

Суспензиялы көмір отынын жасау [56], содан кейін шламды тасымалдау экологиялық жағдайды күрт жақсартады. Алайда, өндірілетін жылу энергиясының өзіндік құнындағы отын құрамдас бөлігінің құны 40-тан 70% - ға дейін өзгеретінін ескере отырып, отын құнын немесе оның меншікті шығынын төмендету экономикалық нәтиже алудың маңызды факторы болып табылады.

Келесі жұмыста [57], қоңыр көмір негізіндегі су-көмір отынын дайындау технологиясының технологиялық, сапалық және сандық схемасы, сондай-ақ

техникалық-экономикалық көрсеткіштерінің есептік деректері сипатталған. Украинада "ыстық сумен кептіру"технологиясы бойынша алынған көмір отынын пайдалану мүмкіндігі мен болашағы көрсетілген. Украинаның электр станцияларының әртүрлі жылу тасымалдағыштарын пайдалану тиімділігі, сондай-ақ ұсынылған технологиялық схема бойынша өнімділігі тәулігіне 120 тонна су отынын алуға болатын Александрия кен орнының қоңыр көмірінің техникалық және элементтік талдауы қарастырылған. Мұндай схемалар оңтайлы және тиімді және осы технологиялық желілерді одан әрі дамыту қажет.

Бөлшектердің максималды концентрациясын қамтамасыз ету, сутекті суспензияны тиімді жағу және коллоидтардың лиофобты тұрақтылық теориясы тұрғысынан сутекті отынның реологиясы мен тұрақтылығын терең іргелі зерттеулер белгілі авторлармен [58] жүргізілген. Жоғары концентрацияланған сутекті суспензиялар теориясы саласында авторлар үш тәсілді ұсынады: классикалық гидродинамикалық, эмпирикалық және біршама дәстүрлі емес, коллоидтық жүйелердің тұрақтылығының физикалық теориясына негізделген (DLFL теориясы). Алайда, бұл процестер осындай технологияларды енгізу үшін үлкен уақытты қажет етеді.

[59] мақалада өте перспективалы технология көрсетілген, бұл отын ретінде жоғары жүктелген көмір шламын (HLCWS) пайдалану және қазандықтарда алдын ала сусыздандырусыз жағуға болатын тұрақты тасымалданатын көмір отынын (CWF) өндіру жолдары қарастырылған. Бұл процесс көлік шығындарын айтарлықтай төмендетеді. Сонымен қатар, жоғары жүктемелі суспензия теориясы (HLCWS) лиофобты дисперсиялық жүйелердің агрегативті тұрақтылық теориясының (dlvo теориясы) маңызды болжамдарын қолдана отырып, HLCWS қатты фазасының энергетикалық күйін талдаумен толықтырылуы мүмкін екендігін сипаттауға болады.

Сонымен қатар, осы уақытқа дейін ұсақталған көмір қалдықтарынан су-көмір отынын тиімді жағудың әмбебап технологиялары әзірленбеген. Жоғарыдағы айтылғандарға байланысты жылу энергетикасында баламалы отын көздерін әзірлеу, құру және енгізу саланың өзекті міндеті болып табылады.

Көмір отынын дайындау процесінің негізгі міндеттері-көмір отынын алу үшін көмірді ұнтақтау. Өндірісте көмірді ұнтақтау үшін құрғақ немесе дымқыл ұнтақталған шар, шахта және діріл диірмендері қолданылады. Бұл диірмендердің кемшіліктері: олардың конструкцияларының күрделі және қымбат дизайны, материалды ұнтақтау үшін алынған өнім лас болады.

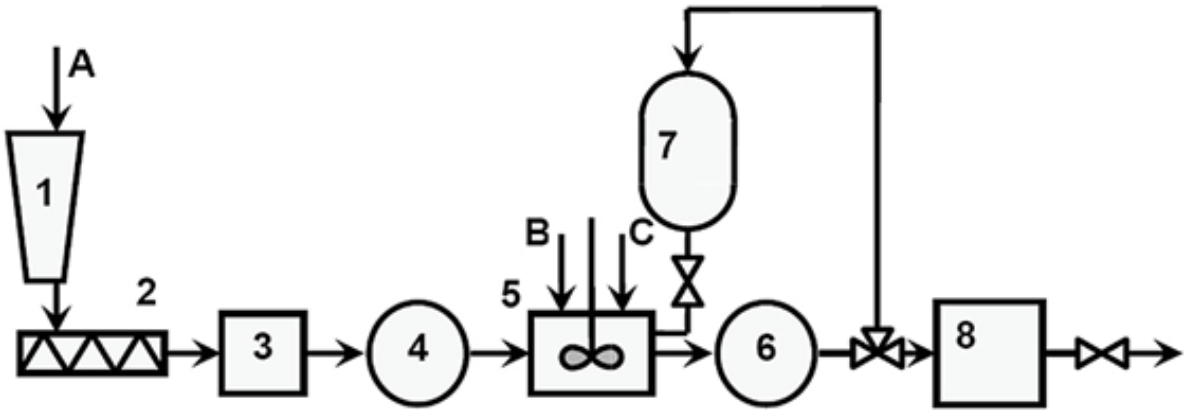
Сондықтан электримпульстік әсерді қолдана отырып, көмір отынын алу технологиясын әзірлеу бойынша зерттеулер өзекті болып табылады.

1.4 Жасанды сұйық композиттік отынды (ЖКСО) дайындау және оны циклондық алдын ала оттықтарда жағу тәсілдері

Кейбір зерттеушілердің айтуы бойынша көмір су отынын кавитация әсерін пайдаланып дайындау тиімді болады және оны кавитациялық сұйық отындар деп

атайды. Бұл әдіс қоспаның тұнбауына жақсы әсерін тигізеді. КСО құрамында көбінесе техникалық глицерин, метанол және басқа да химиялық қалдықтар болуы мүмкін, оларды тек жағу арқылы жоюға болады [12 б. 95].

ЖКСО өндіру әдісін сипаттайтын технологиялық желінің блок сұлбасы 1.5 суретте көрсетілген

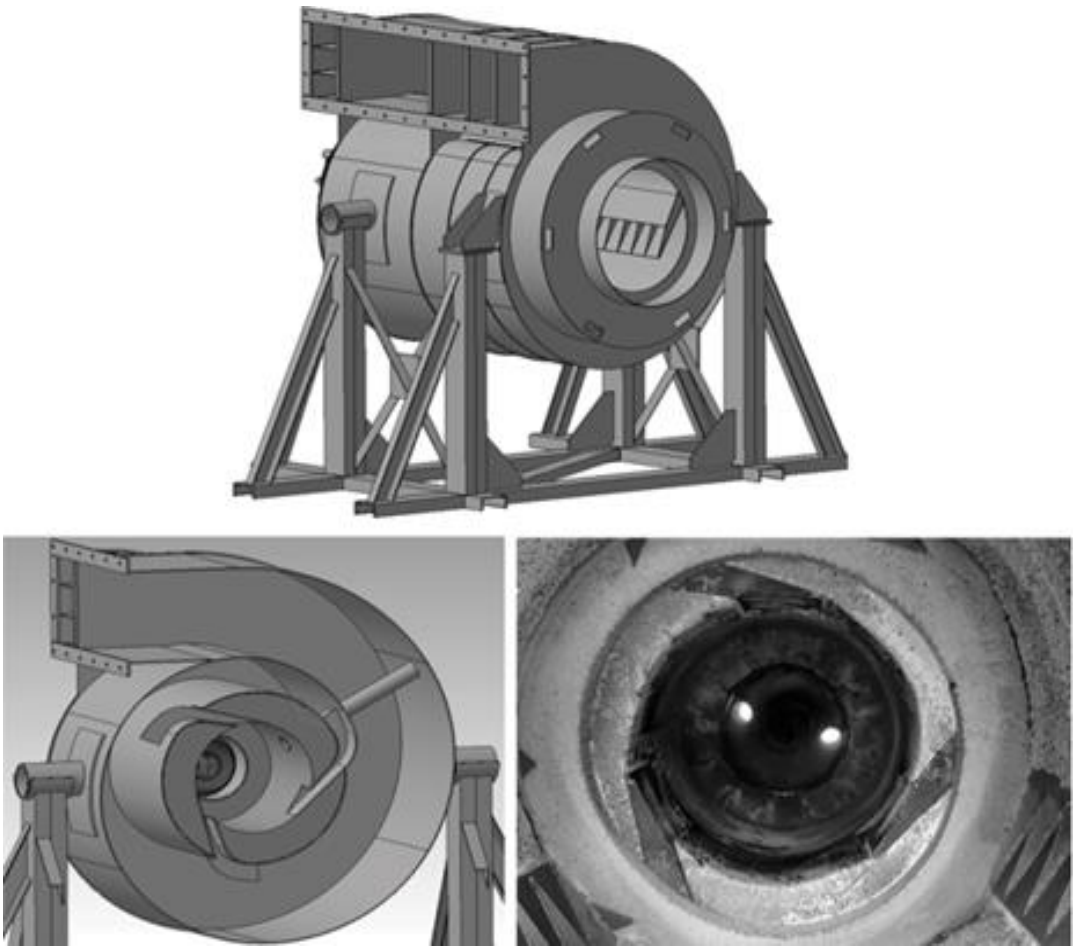


Сурет 1.5 - ЖКСО өндірісінің технологиялық желісінің сұлбасы [12 б. 96]: 1 - көмір бункері; 2 - қоректендіргіш-дозатор; 3 - ұнтақтағыш; 4 - диспергатор; 5 - араластырғыш; 6 - кавитатор; 7 - буферлік резервуар; 8 - дайын ЖКСО резервуары; а-көмір, В-су, С - технологиялық қоспалар

Мұнда ұсақталатын бөлшектердің орташа мөлшері 30 мкм жетеді, ал кавитатордан кейін ультрадисперсті фракциялардың мөлшері (5...10 мкм) болады. Қажет болса, бастапқы көмірдің маркасына байланысты отынды өңдеу буферлік резервуардың көмегімен циклдік режимде жүргізілуі мүмкін, өйткені кавитатордың өнімділігі диспергатордың өнімділігінен жоғары. Дайын отын ЖКСО резервуарына түседі.

Жану процестерін зерттеу және циклондық алдын ала пеш болып табылатын оттық құрылғысын жасау үшін жобалық отын ретінде Д маркалы Кузнецк тас көмірінен және 60%:40% қатынасында пластификаторлар мен басқа қоспаларды қоспай диспергатор мен кавитатор көмегімен бөлшектердің мөлшері 2-25 мкм болатын ЖКСО дайындаған. Жұмыста осы отындарды арнайы оттықта жағу үрдісі зерттелген.

Алайда отынды арнай оттықта жағу үшін арнайы ошақ алды циклондық құрылғы жасалған. Олардың 1.6- суреттерде келтірілген.



Сурет 1.6 - Пештің жалпы көрінісі және фото бейнесі мен ішкі бөлігі [12 б. 95]

Ұсынылған пеш үш бөлімнен тұрады, ол тұтану камерасы, негізгі жану камерасы және отынды әбден жағу камерасы.Камераларда жағу және жылыту дизель отынының көмегімен жүзеге асырылады. Сенімді тұтануды және жануды қамтамасыз ету үшін алдын ала пештер 1500ºС дейінгі температураға төтеп бере алатын отқа төзімді кірпішпен қапталған, ал төсемнің жылу өткізгіштігі шамамен 1-3 Вт/м^2·К құрайды.

Жану процестерін, отын - ауа ағындарының аэродинамикалық сипаттамаларын, жану өнімдерінің концентрациясын алдын-ала пеште зерттеу үшін 12 б. 95] үш өлшемді есептеулерді Fluent мамандандырылған бағдарламалық кешенін пайдаланып.

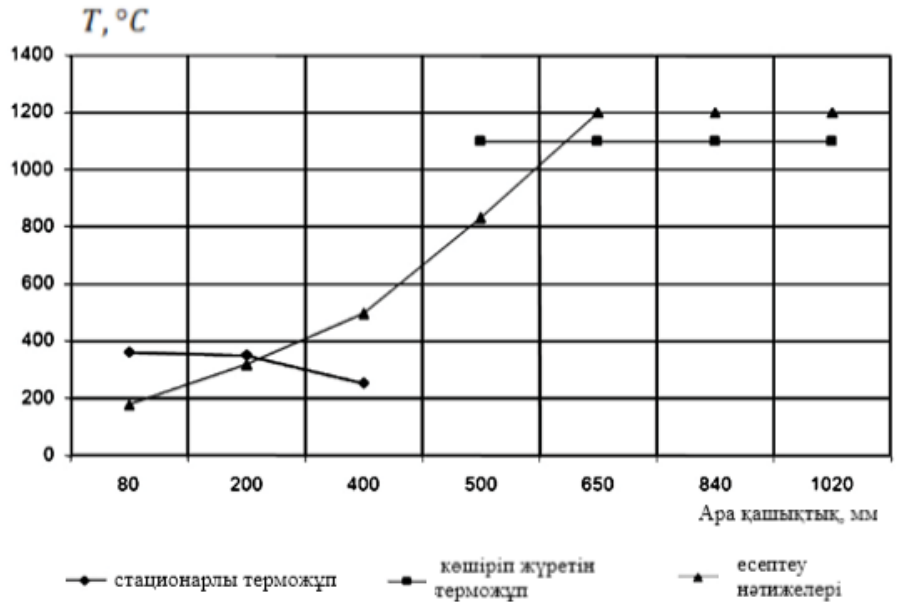
Есептеу моделі ретінде авторлар 1.2-кестеде келтірілген параметрлердегі жоғары ылғалды көмірді қабылдаған.

Кесте1.2.

ЖКСО енгізілген көмірдің құрамы туралы негізгі деректер

Көміртек,%	C^p	60,8
Сутек,%	H^p	3,6
Оттегі,%	O^p	6,5
Су,%	W^p	9,0
Азот, %	N^p	1,5
Күкірт,%	S^p	0,4
Күлділік,%	A^p	18,2
		100,0
Жанғыш массаға ұшпа газдардың шығымы,%	V^{daf}	31
Отынның калориялылығы (ең төменгі),ккал/кг	Q^r_i	5590,0

Стационарлық және тасымалданатын терможұптардың көмегімен өлшенетін пеш алды қабырғасының температурасы, сондай-ақ конструкцияның температурасы туралы деректер 1.7-суретте келтірілген.



Сурет 1.7 - Алдын ала пештің ұзындығы бойынша қабырға температурасының таралуы

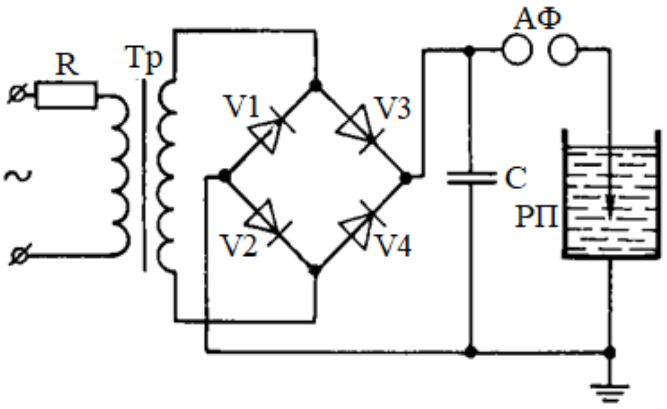
Алынған нәтижелер, алдағы тәжірибелік жұмыстарға өз септігін тигізері сөзсіз. Алайда компьютерлік есептеу нәтижелері, шынайы алынған тәжірибелек

нәтижелерден біршама ауытқуда және авторлар оны толық түсіндіріп бермеген. Реалды жағдайда әр алынған нәтиже

1.5 Көмір-су суспензиясын (КСС) дайындау үшін электримпульстік эффектіні (ЭГЭ) пайдалану

Сұйық ортадағы электр разряды кезінде өтетін физикалық процесстер жеткілікті көлемде қиын және әр түрлі. Технологиялық мақсаттар үшін сұйықтықта ЭГЭ қолдану туралы алғашқы ұсыныстарды И.В.Федоров 1932 жылы және Л.А.Юткин 50-ші жылдары кеңірек берді. 60-шы жылдардың басынан бастап КСРО-да және шетелде, оның ішінде құбырларды бекіту саласында, жылуалмастыру аппараттарында, құймалардан өзекті қоспаларды ұрып-соғу арқылы алу сияқты, белсенді әзірлемелер жүргізілді [60, 61].

Электримпульстік соққыларды тудыруға арналған қондырғының сызбасы келесі 1.8 – суретте ұсынылған.



R-электр желісінің кедергісі; Тр–күшейткіш рансформатор; V1...V4-түзеткіштер; АФ-қалыптасқан ұшқынды аралық; РП – сұйықтағы жұмыс істейтін және ұшқынды аралық; С – жұмыс істейтін сыйымдылық – импульсті конденсатор

Сурет 1.8 – ЭГЭ – ні қалыптасқан бір аралықпен өндіру үшін электрлік сүлбесі [60 б.88]

Оларды зерттеу қазіргі уақытта әлі де шегіне жетпеген. ЭГЭ – ПӘК-і жоғары, электр энергиясын механикалық энергияға айналдыруды ешқандай аралық механикалық сатының көменгінсіз жүзеге асыратын жаңа өндірістік әдіс. Бұл әдістің негізі келесідегідей: ашық немесе жабық ыдыстағы сұйық көлемінің ішінде жүзеге асырылғанда, арнайы қалыптасқан импульстік электр разряд (ұшқындық, кисчевой және т.б.) зонасы айналасында өте жоғары гидравликалық қысым пайда болады, ол пайдалы механикалық жұмыс жасай алады, сонымен қатар түрлі физикалық және химиялық құбылыстар байқалады. ЭГЭ-нің негізінде бұрын белгісіз болып келген гидравликалық және гидродинамикалық эффектілердің кенеттен ұлғаю құбылысы және импульстің ұзақтылығын

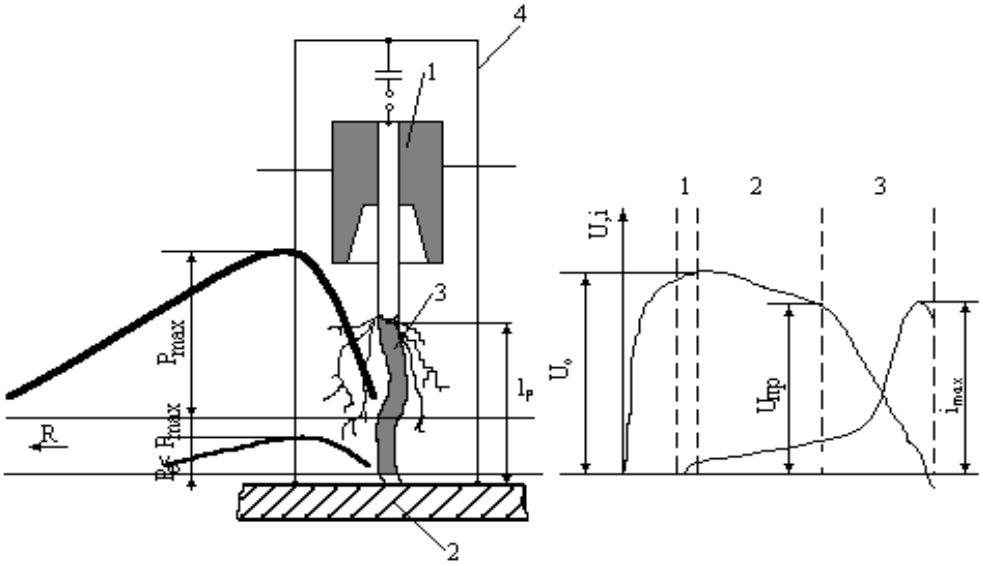
максималды азайтқанда, импульстің максималды және импульс формасының апериодикалық жақын кезіндегі ионөткізгіш сұйықта жүзеге асырылған импульстік электрлік разряды кезіндегі соғу құбылысының амплитудасы жатыр [62, 63].

Электримпульстік процестегі қозатын жоғары гидравликалық қысым разрядқа қатысты мөлшері бойынша жоғалуының әсерінен тез түседі (оның арақашықтығына пропорционалды квадраты) [60 б.87].

Электримпульстік соққы тек қана сұйық ортада ғана емес, сонымен қатар, қатты материалдарда да пайда бола алады [64]. Импульстік қысымды тудыратын разряд формасы әртүрлі болуы мүмкін: ұшқындық, шашақты, шашақсыз (импульстік электрлік жел). ЭГЭ-нің көптеген технологиялық мүмкіндіктерін қамтамасыз ететін негізгі әдіс өткізгіш сұйықтарда өте ұзын ұшқынды разрядты алу әдісі болып табылады. Импульстік қысым пайда болуғандағы разряд формасы әртүрлі болады: ұшқынды, шашақты және шашақсыз.

Орташа және үлкен қуатты ЭГ жүйелерін құру РИТ-тің жаңа перспективалық бағыттарын ашты және соңғы уақытқа дейін бұл мәселені қарастыруға болмайды деген бірқатар салаларда ЭГЭ тиімді пайдалану жолдары ашылды. Қазіргі уақытта ЭЭГ минералдарды ыдырату, ұсақтау және ұнтақтау, парақты штамптау және сейсмоакустикалық жұмыстар үшін кеңінен қолданылады [65].

Егер сұйықтыққа (әлсіз электролитті) батырылған электродтар жұбына ортаның бұзылу кернеуінен асатын кернеу берілсе, онда тесіп өту (бұзылу) орын алады (сурет.1.6).



1-электрод-анод, 2-электрод-катод, 3 – электрразрядыныңарнасы, 4-сыртқы разрядтық тізбек.

Сурет 1.9 - Электродаралықкеңістіктегі ток(а) пен кернеудің (б) уақыт бірлігіндеөзгеруқисығыжәнежақын разряд аймағындағықысымның таралуы (в).

Алайда l_pэлектрод аралық кеңістігінде тесіп өтуді (бұзылуды) бастау шарттары пайда болғанға дейін біраз уақыт өтеді, сәйкесінше олар статистикалық кешігу уақыты (1 кезең) және разряд аралығында ток пайда болады. Жоғарыдығы 1.9 суретте сұйықтықтағы импульсті электр разрядының схемасы келтірілген. Тесіп өту (бұзылу) басталғаннан кейін біраз уақыт өтеді, ол разрядтың қалыптасу кезеңі (2-кезең) деп аталады, ол токтың белгілі бір өсуімен, кернеудің төмендеуімен сипатталады және сол аймақта электр разрядының жоғары өткізгіш арнасының (ЖӨА) пайда болуымен аяқталады. Пайда болған жоғары өткізгіш арнаға тез арада, 10-100 мкс аралығында конденсаторлар батареясында жинақталған энергия енгізіледі [66].

ЖӨА дағы заттардың температурасы $(20\text{-}40)*10^3$ дейін қызады, ал қысымның лездік шамасы $(3\text{-}10)*10^2$ МПа дейін көтеріледі. Осы қысымның әсерінен ЖӨА кеңейіп, разряд кеңістігінің орталық бөлігінен жан жаққа үлкен жылдамдықтарда радиус бойынша бағытталады. Осыдан жоғары қысымды плазманың сұйықтыққа беріліп, оның әсерінен сұйықтық сығылады. Алайда бұл сығылу аймағы сыртқы қысымның тез жоғарылауымен шектеледі, яғни сығылу толқынының қозғалмалы шебімен жүзеге асырылады. ЖӨА -ден қыздырылған плазманың энергиясы қоршаған ортаға тікелей беріледі, осылайша разряд арқылы өңделеді (бұл 3 кезең). ЭГЭ-ді күштік импульстік жүйелер тұрғысынан талдау үшін бізге 2 және 3 кезеңдерді қарастыру қажет [67].

1.6 Пластификат- реагенттердің көмір-су отынының қасиеттеріне әсері

Зертханалық көмір-су отынын өндіру бойынша тәжірибелік жұмыстарды жүргізу үшін [68] жұмыстың авторлары электрогидроимпульс қондырғысы бар жұмыс аймағын жинаған.

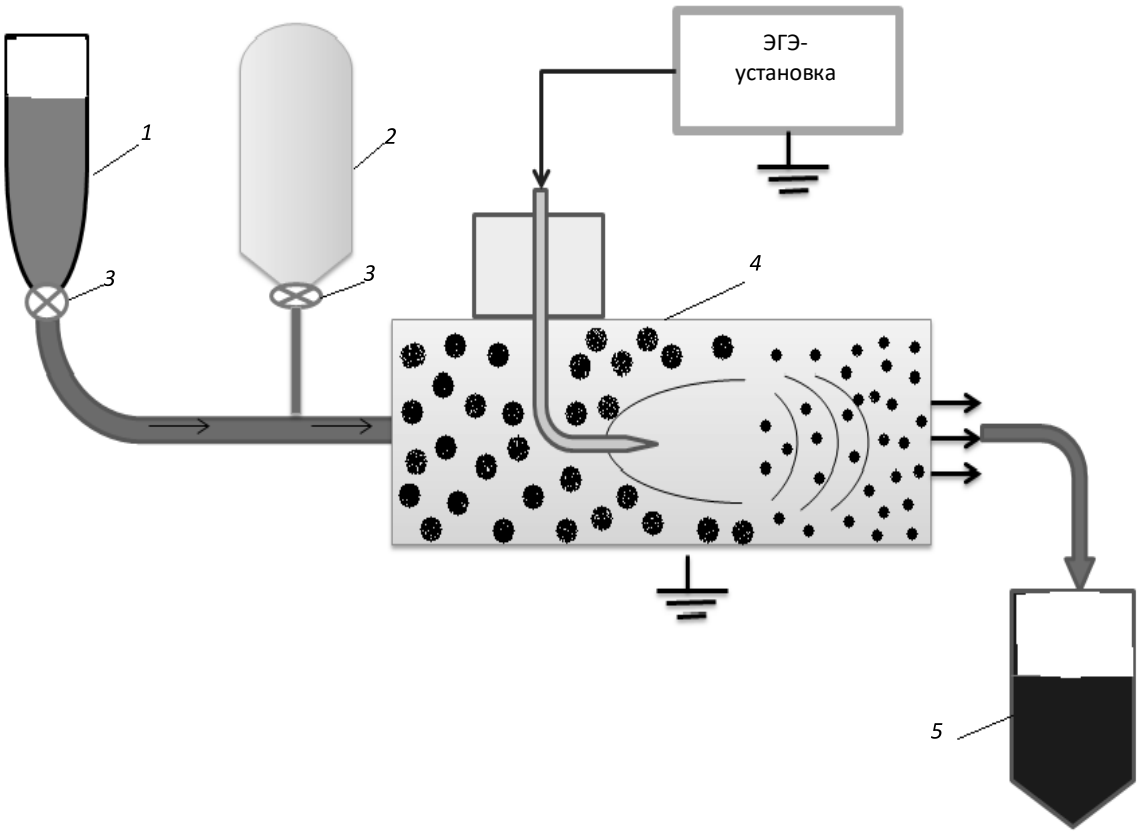
Дайындалған көмір шламына пластификатор қосып, сол ортада су асты электр жарылысын туғызады. ЭГИ-мен өңдеу нәтижесінде алған су көмірлі отының ультрадыбыстық агломерация әдісіне негізделген байыту агрегатына жіберіледі. Ультрадыбыстық диспергатор ағынды өзгертпіш пенне басқару блогынан тұрады. Диспергатор қосымша ұсақтау қызметін атқарады, мұнда алынған суспензия арасында химиялық байланыс түзіледі. Алынған отын арнайы ыдысқа құйылады.

Осындай зерттеулердің нәтижесінде [18 Б.1] авторлар графикалық тәуелділіктер алған. Көмір-су суспензияларының кеңістіктік құрылымының қалыптасу процесі, олардың реологиялық қасиеттері зерттелген. Концентрат негізінде алынған көмір-су суспензияларының тұрақтылығы пластификаторлардың физика-химиялық қасиеттерімен анықталған. Суспензиялар қоспалар болған жағдайда да жақсы аққыштыққа ие болаған.

Зерттеулер бойынша дисперсті фаза қабаттарының уақытқа тәуелділігі биіктігін алған. Ол жерде әртүрлі мөлшерде мазут, желатин және натрий гуматын қосқан. Көмірдің 0,5; 1,0; 2,0% салмағына сәйкес қоспалар қосып, неше тәулікте тұна бастайтынын анықтаған.

1% көлемінде мазут қосылғанда көмір-су суспензиясы 6 тәулік бойы тұрақты болған. Алайда 2% мазуттың қоспасында тіптен бірден көмір қоспалары тұна бастаған. Мұны авторлар түсіндірмеген.

Көмірдің салмағы бойынша желатиннен 2%-ды қосқанда 6 тәулік бойы өзгеріссіз тұрақты болған, алайда 0,5% қосқанда 2 тәуліктен кейін тез тұна бастаған.



1 - көмір-су суспензиясына арналған ыдыс, 2 - пластификатор реагентке арналған ыдыс, 3 - реттеу ашып жапқыштары, 4 - қарама-қарсы екі электроды бар жұмыс камерасы, 5 – КСО құйылатын ыдыс

Сурет 1.10 - Көмір-су отынын алуға арналған жұмыс аймағы

Гуминдық қоспаны тұрақтандырғыш ретінде пайдаланғанда (натрий гуматы) тек 0,5% кезінде 2 тәуліктен кейін тұнба пайда болады. Ал 1% және 2% натрий гуматының көмір салмағына шаққандағы үлестерін қосқанда 6-8 тәулікке дейін қоспаның өзгермейтін тұрақты қасиеттері бар көмір-суспензиясын алған.

Бірақ та авторлар бұл жұмыста пайдаланған Шұбаркөл көмірінің техникалық сипаттамаларын және де суспензияда қандай диаметрлі көмір екендігін атап өтпеген. Бұл сараптама жасауға қиындық туғызады.

Келесі диссертациялық жұмыста көмір суспензияларын дайындау үшін қолданылатын көмір шламына қойылатын талаптар келтірілген. Кузнецк бассейнінің Д, Г, және СС маркалы көмір шламдарының техникалық және

элементтік талдауларының деректері келтірілген. Алғашқы нәтижелерде автор дайындалған көмір шламдарына, құрғақ көмір шламының массасының 1% мөлшерінде пластификатор-реагентті қосып, зертханалық шар диірменіне дымқыл ұнтақтауға жіберген [7 б.10]. Белгіленген уақыт аралығында (мұнда ұнтақтау 25 минуттай жүргізілген) тор өлшемі 32, 63, 125, 250, 500 мкм болатын електерден көмір бөлшектері мен күлі дымқыл елек принципімен еленіп алынған. Келесі 1.3 кестеде алынған КСО көмір фракцияларының пайызы келтірілген.

Көмір фракциясы, мкм	Мөлшері,% мас.
500	0,03
250	0,06
125	16,07
63	17,88
32	20,34
<32	45,62
Барлығы	100
Суспензиядағы көмірдің концентрациясы	62

Деректер кестесінен ең көп ұсақ фракцияның мөлшері <32 мкм екенін көруге болады. Енді бұл процесстің кемшілігі ол дымқыл ұнтақтауға кем дегенде жарты сағат уақыт кетеді. Бұл энергия шығынының артуына әкеледі.

Сонымен қатар автор [7 б.11], КСС дайындаудың әртүрлі технологияларында қолданыс тапқан пластификатор реагенттерді таңдап алған және олардың әсерін зерттеген. Онда желатин, карбоксиметилцеллюлоза (СМС), лигносульфонат (lst), қоңыр көмір мен шымтезектен алынған натрий гуматы әртүрлі пайыздық мөлшерде пайдаланған. Автордың ұсынған суреттерінде су-көмір суспензияларының тұрақтылығы шөгінді дисперсті фаза қабатының биіктігіне және уақыт өте келе технологиялық сипаттамалардың өзгеруіне байланысты бағаланған. Алынған кейбір нәтижелерде дисперсті фаза қабатының биіктігі 1 айға дейін тұрақты болып қалған, ал натрий гуматының 2%-ы қосылған суспензия 40 тәулікке дейін бастапқы қалпын сақтап қалған. Алайда бұл кейбір қоспалар алынатын суспензияны қоюлатып жіберуһі мүмкін (мысалы желатин қоспасы). Сондықтан әрбір қоспа үшін белгілі режимді сақтау қажеттілігі туындайды.

Осы технологиялық жағдайлардың ішінде уақыт пен энергияны аз жұмсайтын, және де үрдіс әркезде сұйық ортада жүргізілетін электримпульстік эффектіге сүйеніп жасалған қондырғылар тиімді деп ойлаймыз.

Бәріміз білетіндей «су+минералды зат» гетерогенді ортада ЭГЭ қолдану электримпульстік әсерге негізделген разрядты-импульстік технологиялардың (РИТ) қалыптасуы мен дамуының алғашқы кезеңдерінде зерттеушілер

тарапынан үлкен қызығушылық тудырды. Бұл бірқатар себептерге байланысты болды:

- РИТ технологиясы материалдарды өңдеудің жоғары энергетикалық әдісі болып табылады [69];
- Электр энергиясының өңдеу энергиясына айналуы аралық кезеңдерсіз жүреді, бұл технологиялық процестің тиімділігін едәуір арттырады [70];
- Қолданылатын жабдықтың қарапайымдылығы және технологияның экологиялық тазалығы [71].

«Су + минералды зат» типті гетерогенді ортада ЭГЭ-ны сәтті қолданудың мысалдары профессор Ж.С.Ақылбаев атындағы инженерлік жылуфизикасы кафедрасында іске асырылды:

- Фосфор шламдарынан фосфор алу әдісі [72];
- Табиғи кендерді ұсақтау мен ұнтақтау жолдары [73,74];
- Жылу алмастырғыштардың құбырларын қатты қақтар мен шөгінділерден тазарту жолдары [75-77].

Энергетикалық сектордың дамуы, сондай-ақ энергетикалық қауіпсіздіктің артуы көбінесе көмірді энергетикалық отын ретінде кеңінен және тиімді пайдалануға байланысты болады. Ол үшін, ең алдымен, көмірдің энергетикалық отын ретіндегі тұтынушылық қасиеттерін жақсарту, көміртегі негізіндегі баламалы отындарды өндіруді кең көлемде жолға қою қажет, бұл өз ретінде табиғи ресурстарымыз газ және сұйық мұнай отындарын үнемдеуге алып келеді. Жоғарыда аталған мәселені шешу үшін сұйық орта (су, спирттер, көмірсутектер, мұнай өңдеу өнімдері) түріндегі қатты фазадан тұратын композициялық дисперсті жүйе болып табылатын көміртегі суспензияларын алу және пайдалану технологиясы бойынша жұмыстарды атап өтуге болады. Мұндай жүйедегі отын ретінде суспензиясы бар газ отыны қарастырылады. Электротехникадағы ең көп зерттелген және перспективалы көмір суспензиясы-бұл сұйық ортаның негізгі бөлігі су болып табылатын көмір-су (КСС) суспензиясы. Қатты фазадағы жоғары концентрацияда КСС көмірден алынған судың жоғары концентрацияланған суспензиясы ретінде белгілі КСС, немесе көмірден алынған көмір-су отынын (КСО) жатқызамыз. Осы бағыттағы жасалған жұмыстар КСС өзектілігін және де қазіргі кезде де көптеген ғалымдардың айналысқанын көруге болады [78-88]. Бұл мақалалардағы нәтижелрге сүйеніп отырып өз нәтижелерімізді алдық.

1.7 Электримпульстік разряд алуға мүмкіндік беретін жоғары вольтты генераторлар

Импульсті жоғары вольтты электр разряды (HID) электр өрісінің энергиясын басқа түрлерге жылдам түрлендіру процесі ретінде қазіргі заманғы өнеркәсіптік өндіріс технологияларында кеңінен қолданылуына байланысты өзекті болып табылады. Тығыз конденсацияланған ортадағы электр разряды импульсті жоғары градиентті қысымның көзі ретінде пайдаланылады, оның әсерінен

өңделген материалдар бұзылуға, престеуге, пішіндеуге, тегістеуге және т.б. ұшырайды [89-96].

Кейбір жұмыстар судағы электр разрядтарының таралуымен бірге жүретін сызықты емес процестерді сипаттауға арналған [97, 98].

Жылу беруді күшейту, кен материалдарын, минералды орталарды ұсақтау және ұнтақтау, өнеркәсіптік қалдықтардан құнды компоненттерді алу және т.б. үшін электр разрядтау технологиясын пайдалану кезінде., барлық процестер материалдар құрылымының өзгеруімен қатар жүретіні көрсетілген. Электр разрядының технологиясы сұйық ортаны қажетсіз және жиі зиянды қоспалардан тазарту немесе қасиеттерін өзгерту үшін, мысалы, фосфорды фосфор шламынан және т.б. тазарту үшін сәтті қолданылады [99-101].

Сұйықтықтағы электр разрядтарының ағындарының түзілуі стохастикалық сипатқа ие және өте қысқа мерзімде жүреді. Зерттеулер үздіксіз ортада электр разрядымен бірге жүретін жылдам өзгеретін процестердің динамикасын дифференциалдық теңдеулердің классикалық аппараты негізінде сипаттауға болмайтынын растайды. Мысалы, разряд құрылымының өсу динамикасын және жоғары вольтты генератордың жұмысын сипаттауға стохастикалық детерминистік көзқарас негізінде конденсацияланған диэлектриктегі бір электр разрядының даму заңдылықтары модельденді. Бұл дегеніміз, диэлектриктердің жойылуының сызықтық емес фракталдық моделі жасалды.

Кез-келген күрделі стационарлық емес объектіні, ең болмағанда, белгілі бір жуықтауға дейін, динамикалық жүйе ретінде қарастыруға болады. Нысанның нақты физикалық табиғатынан абстракция жасай отырып, оны динамикалық жүйе ретінде де қарастыруға болады. Содан кейін алгоритмдер бойынша айнымалылар ретінде жіктелетін шамалар жиынын анықтауға және жүйенің күйін сипаттауға болады, осылайша олардың мәндері кез келген келесі уақыт нүктесінде жеңілдетілген ережеге сәйкес бастапқы жиынын алады, оны «эволюция операторы» деп атайды. Бірізді жұмыс режимінде ауа саңылауының түзілуінің өздігінен ыдырауы арқылы разрядты іске қосатын электрогидро-импульстік қондырғы инерциялық бейсызықтығы бар хаотикалық импульстар генераторын тудыратын сызықты емес динамикалық өздігінен тербелмелі жүйе ретінде жүзеге асырылуы мүмкін [102].

Су астындағы ЭГ үрдісті тиімді пайдалану үшін, ең алдымен, олардың біртекті емес сұйық ортада пайда болу механизмін зерттеу қажет. Осыған сүйене отырып, сұйық ортадағы электр разрядтарының әсерінен әртүрлі материалдар мен заттардың сипаттамалары мен құрылымын өзгертуге мүмкіндік беретін қондырғыларды әзірлеу және жасау маңызды [103].

Бұл технологияның негізгі элементі қажетті энергияны алу үшін генераторлар (қадамдық трансформаторлар) болып табылады, оларды жүзеге асыру үлкен қаржылық шығындарды талап етеді. Сондықтан су астындағы электр қондырғылары үшін инерциялық бейсызықтығы бар хаотикалық импульстік модель генераторын жасау және жасау өзекті техникалық мәселе болып табылады.

Электр разрядты құрылғыларды инерциялық сызықты емес стохастикалық сигнал генераторлары ретінде жіктеуге мүмкіндік беретін алғышарттар келесі факторлар болып табылады:

- ауа түзетін саңылаудың ыдырауы кезіндегі разряд тізбегі, мәні бойынша, тербелмелі тізбек болып табылады;

- разрядты қалыптастыру сатысында кідірістің болуы, сонымен қатар кідіріс уақытының статистикалық таралуы бар;

- процестерді тікелей суретке түсіру негізінде судағы және сулы электролиттердегі ыдырауды зерттеу электродта жарық нүктесінің пайда болуымен көшбасшы сатысының басталуын анықтауға және кездейсоқ орналасқан көшбасшылардың күрделі құрылымын ажыратуға мүмкіндік береді. өздігінен жарқырайтын және жарқырамайтын тармақтар түрінде;

- разрядтың кешігу уақытының ұзақтығының әсері ағымдағы импульстің амплитудасы, және, тиісінше, соққы толқынының алдыңғы жағындағы қысым;

- масса алмасу процестерінің өзара байланысы разряд кезіндегі интерэлектродтық саңылаудағы көп фазалы орта, түзілетін ұшқын саңылауының ауа саңылауының бұзылуына және кейінгі электр разрядтарының импульстарының бастапқы параметрлерінің мәндеріне дейін;

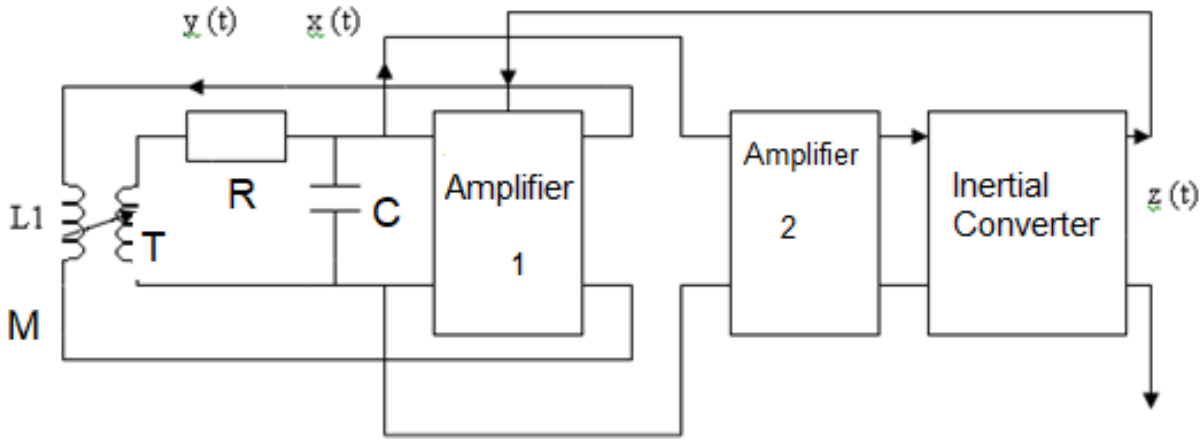
- түзуші ұшқын саңылауының ауа саңылауының ыдырауы кезінде разряд кезінде интерэлектродтық саңылауда болатын масса алмасу процестерінің кері байланысының болуы, демек, кейінгі электр разрядының импульсінің параметрлері бойынша.

Бейберекет режимдердің динамикалық сипатына және олардың кішігірім бұзылуларға сезімталдығына байланысты олар сыртқы бағдарланатын әсерлер арқылы тиімді бақылауға мүмкіндік береді. Мұндай әсердің мақсаты бейберекеттің немесе фазалық кеңістіктің белгілі бір аймағына түсудің орнына жүйеде мерзімді режимді енгізу болуы мүмкін. Бастапқыда Мэриленд Университетінің (Отт, Гредоги және Йорк, 1990) Американдық зерттеушілер тобы ұсынған бұл идея қолдану тұрғысынан өте перспективалы және жемісті болып көрінеді. Радиотехника мен электроникада динамикалық бейберекет режимінде жұмыс істейтін әртүрлі құрылғылар оңай бақыланатын шуыл тәрізді тербеліс генераторлары сияқты қарастыруға болады деп есептеді. Алайда, электрлік импульстік қондырғыларда электримпульстік әсерді жаңғыртатын бірнеше рет қайталанатын ток импульстарын генерациялауға арналған әртүрлі ток импульстік генераторлары қолданылады. Ал, бұл құрылғылардың тиімділігі 30% - дан аспайды, өйткені процесс толық зерттелмеген. Сондықтан біз осыған қысқаша тоқталамыз.

Инерциялық бейсызықтығы бар хаотикалық импульс генераторы. Хаотикалық импульстік генератордың классикалық моделінің сипаттамасы, атап айтқанда, 1,5 дәрежелі еркіндігі бар генераторлардың жалпыланған теңдеулері егжей-тегжейлі берілген. Радиотехникалық құрылғының блок-схемасы және теңдеулер жүйесі ұсынылған, оның шешімі генераторда пайда болатын өзіндік тербелістерді сипаттайды. Өздігінен тербелмелі жүйелердің бұл бөлінуі оғаш

тартқыштардың даму механизмдеріндегі түбегейлі айырмашылықтарды көрсетпейтіні алайда [104] аталып өткен.

Авторлар жоғарғы суретте (1.11 сурет) үш өлшемді фазалық кеңістікте сәйкес оғаш аттракторы бар стохастикалық тербелістерді тудыратын инерциялық бейсызықтығы бар модификацияланған генераторды ұсынды. Селективті элементтен, кері байланыс тізбегіндегі күшейткіштен, сызықты емес түрлендіргіш тізбегіндегі күшейткіштен тұратын, өзгермелі параметрлері бар RLC осцилляторы болып табылатын дамыған осциллятор тізбегін қолдануды ұсынды.



Сурет 1.11 RLC генераторынынсұлбасы.

Біз бұл генераторды электр разрядты импульстар генераторының модификацияланған эквивалентті тізбегінің параметрлерін есептеуге бейімдейміз. Генератордың әлсіз инерциялық жұмыс режимінде кері байланыстың сызықтық еместігін сызықтық емес түрлендіргіштің әрекеті арқылы сипаттауға, немесе оны тұрақты, әрі параметр нөлге тең болады деп қарастыруға болады. [105] мақаладағы авторлар да, осындай генератордың жұмысын сипаттайтын теңдеулер жүйесі шығарып, ұсынған.

Енді осы теңдеулер жүйесінің туындысына мысал келтірейік. Генератор тізбегіндегі токтың теңдеуі келесі түрде берілсін

$$\frac{di}{dt} = \frac{R}{L} i + \frac{1}{LC} \int (i - M \frac{d(Gi}{dt}) dt = 0, \qquad (1.9)$$

мұндағы: L-индуктивтілік; R-кедергі; C-тізбектің сыйымдылығы; M-өзара индуктивтілік; G-кері байланыс тізбегіндегі күшейткіштің тіктігі; t- уақыт

Келесі шарттарды және белгілеу шартын қабылдау

$$i = x, {\omega_0}^2 = \frac{1}{LC} \text{және} \dot{V} = -\gamma V + \gamma \phi(x), \qquad (1.10)$$

Онда

$$\ddot{x} + \frac{R}{L}\dot{x} + {\omega_0}^2 M(\dot{G}x + G\dot{x}) = 0, G = G_0 - G_1 x^2 - bV, \quad (1.11)$$

мұндағы: *V*-инерциялық түрлендіргіштің шығысындағы кернеу; $G_0, G_, \gamma, b$ - параметрлер; $\phi(x)$ - сызықтық емес түрлендіргіштің жұмысын сипаттайтын сызықтық емес функция.

Келесі белгіні енгізу:

$$\mu = M{\omega^2}_0 G_0 - \frac{R}{L}, \beta = M{\omega_0}^2 b, \ \delta = M{\omega_0}^2 G_1$$

(1.11) теңдеуден келесішығады

$$\ddot{x} + \frac{R}{L}\dot{x} + {\omega_0}^2 x - M{\omega^2}_0(G_0 - G_1 x^2 - bV)\dot{x} - M{\omega^2}_0(-2G_1 x\dot{x} - bV)x = 0 \Rightarrow$$

және$\ddot{x} + (\beta V - \mu)\dot{x} + {\omega^2}_0 x + 3\delta x^2 \dot{x} + \beta \dot{V} x = 0,$
немесе$\dot{x} = (\mu - \beta V)x + y - \delta x^3$,ал $y = -{\omega^2}_0 x.$ (1.12)

Онда келесі теңдеулержүйесінеайналады:

$$\begin{cases} \frac{\mathrm{dx}}{\omega_0 \mathrm{dt}} = \left(\frac{\mu}{\omega_0} - \frac{\beta V}{\omega_0}\right)\mathrm{x} + \frac{\mathrm{y}}{\omega_0} - \frac{\delta}{\omega_0}\mathrm{x}^3 \\ \frac{\mathrm{d}(\mathrm{y}/\omega_0)}{\omega_0 \mathrm{dt}} = -\mathrm{x} \\ \frac{\mathrm{d}(\beta \mathrm{V}/\omega_0)}{\omega_0 \mathrm{dt}} = \frac{\mathrm{y}}{\omega_0}\frac{\beta \mathrm{V}}{\omega_0} + \frac{\mathrm{y}}{\omega_0}\frac{\beta}{\omega_0}\phi(\mathrm{x}) \end{cases} \quad (1.13)$$

Алынған теңдеулер жүйесін жазуды жеңілдету үшін келесі белгілер енгізілді

$$\tau = \omega_0 t, m = \mu/\omega_0 = M\omega_0 G_0 - \frac{R}{L\omega_0}, d = \delta/\omega_0 = M\omega_0 G_1, g = y/\omega_0 \quad (1.14)$$

және

$$x = x, Y = y/\omega_0, Z = \beta V/\omega_0 = M\omega_0 bV, \Phi(\mathrm{x}) = M\omega_0 b\phi(x). \quad (1.15)$$

$\phi(x) = g\varphi(x)x^2$, деп есептесек, онда τ қатыстытуындылараламыз:

$$\begin{cases} \dot{X} = (m - Z)X + Y/K(m, g, \tau) - dX^3 \\ \dot{Y} = -X \\ \dot{Z} = g(\varphi(X)X^2 - Z \end{cases} \qquad \varphi(x) = \begin{cases} 1, x > 0, \\ 0, x \le 0. \end{cases} \quad (1.16)$$

Жүргізілген қайта құрулардың нәтижесінде модель параметрлеріне үлкен қаржылық және техникалық шығындарды қажет ететін айтарлықтай жылдам өзгеретін технологиялық процестердің динамикасын ескеруге мүмкіндік беретін

әртүрлі мәндерге арналған шешімдерді қамтитын қолданыстағы жүйелер алынды.шығындар.

1.8 Ғылыми зерттеу жұмысының мақсаты мен міндеттерінің қойылымы

Жоғарыда келтірілген әдеби шолудан және осы аталғандарды ескере отырып қазіргі бізге өте қажет болып тұрған көмір шикізатын, оның ішінде шламдарды ұнтақтайтын электримпульстік қондырғыны жобалап, жасау өзекті мәселелердің бірі болып табылады.

Осыған байланысты біздің алдымызға келесі міндеттер қойылды:

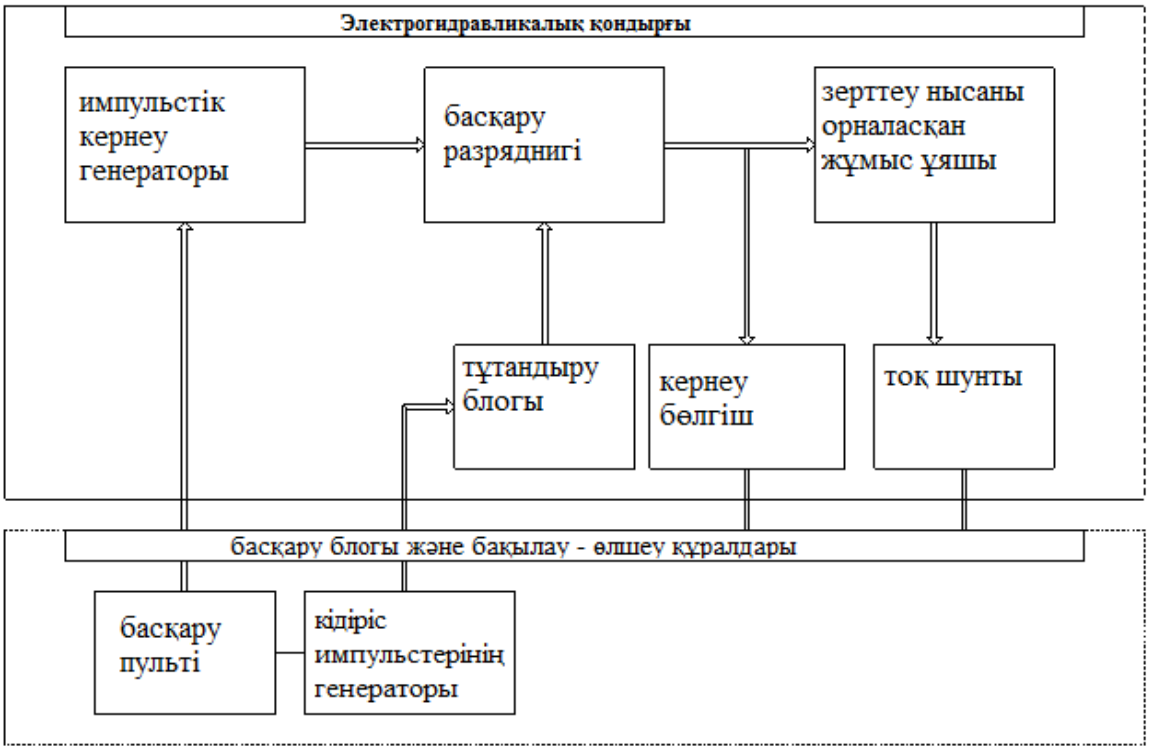
- Тиімді электримпульстік қондырғыны жасау;
- су-көмір суспензияларын алу үшін электримпульстік әсерді қолдану мүмкіндігін зерттеу,
- көмірді ұсақтау үшін электримпульстік әсердің оңтайлы параметрлерін анықтау;
- ұсақтаудың әртүрлі кезеңдеріндегі гетерогенді ортаның бұзылуының электрлік сипаттамаларының өзгеруін зерттеу,
- су-көмір суспензиясы мен көмірдің физикалық қасиеттеріне электримпульстік әсерді зерттеу.

2 ТӘЖІРИБЕЛІК ЭЛЕКТРИМПУЛЬСТІК ТЕХНОЛОГИЯНЫ ЖАСАУ ЖӘНЕ ШИКІЗАТТЫ ҰНТАҚТАУҒА ПАЙДАЛАНУ. ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕМЕЛЕРІ

2.1 Жоғары вольтты зерттеу құрылғысы

Университетіміздің зертханасында көмірді өңдеу үшін электримпульстік қондырғыда тәжірибелік зерттеулер жүргізілді.

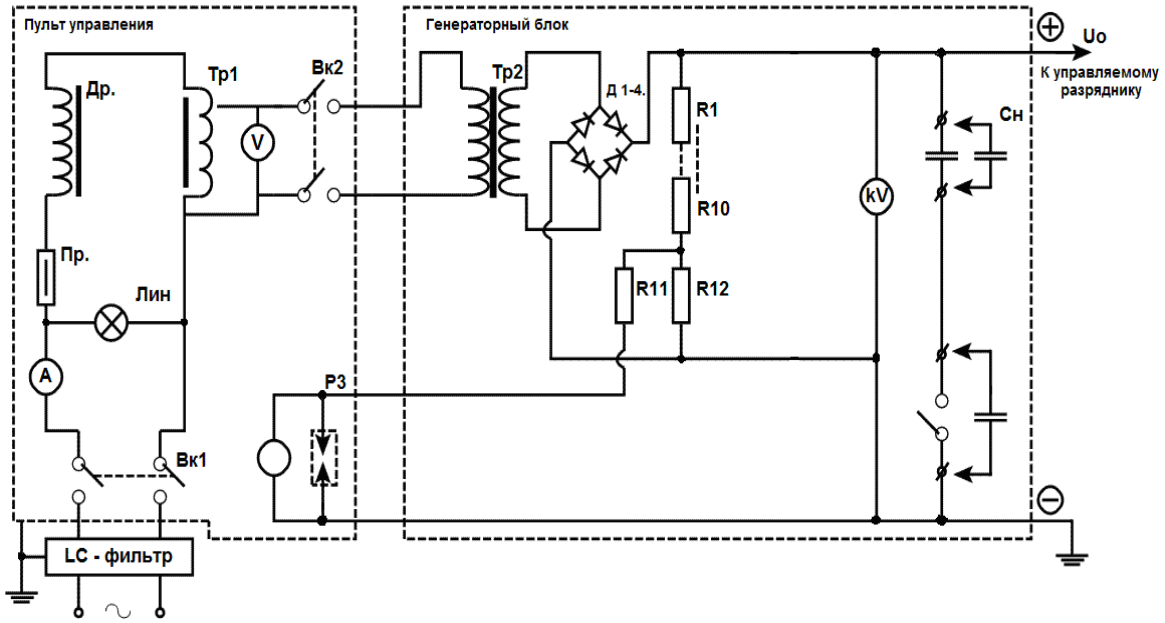
Қондырғының блок-жүйесі және өзара түйіндердің орналасуы 2.1-суретте келтірілген.



Сурет 2.1 – Электрогидроимпульстік қондырғының блок-сұлбасы

Эксперименттік стенд келесідей жұмыс істейді. Басқару кернеуі берілгеннен кейін генератор берілген энергияның жоғары вольтты кернеу импульстарын шығарады, олар басқарылатын разрядтағыш пен жоғары вольтты желілер арқылы зерттеу объектісі бар жұмыс орнының электрод жүйесіне беріледі. Поцесс осылай үздіксіз қайталанып отырады.

Электримпульстік қондырғының принципиалдық электрлік сұлбасы 2.2 суретте көрсетілген. Ондв жоғары вольтты электрлік импульстарды алу үшін басқару пульті, импульстік кернеу генераторы, импульстік конденсаторлар жинағының қосылуы (электрлік сұлбасы) көрсетілген.



Сурет 2.2 - Электримпульстік қондырғының принципиалдық электрлік сұлбасы

Басқару пультінің жұмысын жақсы реттеу үшін n=60 ретті коэффициенті бар шуылды басатын LC сүзгісі мен ток шектегіш дроссель Др енгізілген. Сонымен қатар, кернеуді реттеуге арналған ТР1 автотрансформаторы, сондай – ақ бақылау-өлшеу аспаптары бар. Қуат кернеуі 220 В айнымалы ток желісінен алынады.

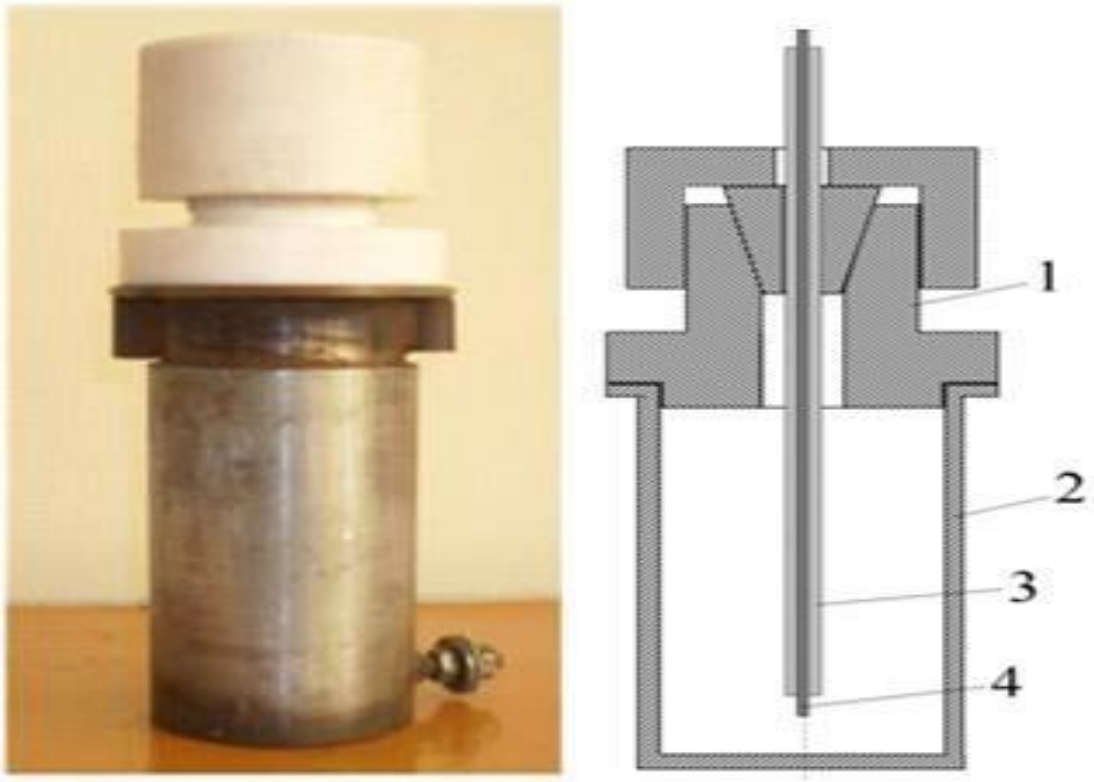
Импульстік кернеу генераторы трансформация коэффициенті m =200, максималды кернеуі 50 кВ дейінгі жоғары вольтты ТР трансформаторында жинақталған және номиналды жұмыс режимінде 100 мА токқа есептелген. Генераторлық блоктың құрамында ИК-0,1...0,4-100 маркалы импульстік жоғарывольтты конденсаторларды пайдаланамыз. Бұл сұлба бойынша генератордың жұмысы келесі ретпен жүзеге асырылады: Вк1 ажыратқышының көмегімен қуат тізбегін қосқаннан кейін кернеу дроссель арқылы Тр1 автотрансформаторына беріледі, ол арқылы қажетті жұмыс режимі үшін қажетті кернеу тағайындалады. Осы таңдаудан кейін екінші Вк2 қосқышы қосылады, генератор тізбегінің негізгі элементі Тр2 трансформаторы арқылы -15-тен 50 кВ-қа дейінгі диапазонда жоғары кернеу шығарылады. Қажетті сыйымдылықтарды алу үшін әртүрлі номиналдардағы импульстік конденсаторларды тізбектей қосу арқылы реттеуге болады.

Осындай қондырғыны жасағаннан кейін, енді ұсату құрылғыларына (ұяшықтарына) көңіл бөлу қажет.

2.2 Ұсату (ұнтақтау) ұяшықтары

Ұяшық ішінде екі электрод орналасқан, оның біреуі қозғалмайтын, ал екіншісі электрод микрометрлік винтке бекітіліп, оның ара қашықтықтары реттеліп отырады.

Ұяшықтың қақпағы жоғары изоляциялық материал 1 фторопласттан, 2 металл цилиндрлік контейнер, 3 электродты оқшаулау, 4металл штангалы электродтан жасалынған (2.3- сурет). Теріс электрод ролін цилиндр қорап 2 атқарады. Электрод арақашықтығы алынбалы қақпақтар көмегімен реттеледі.



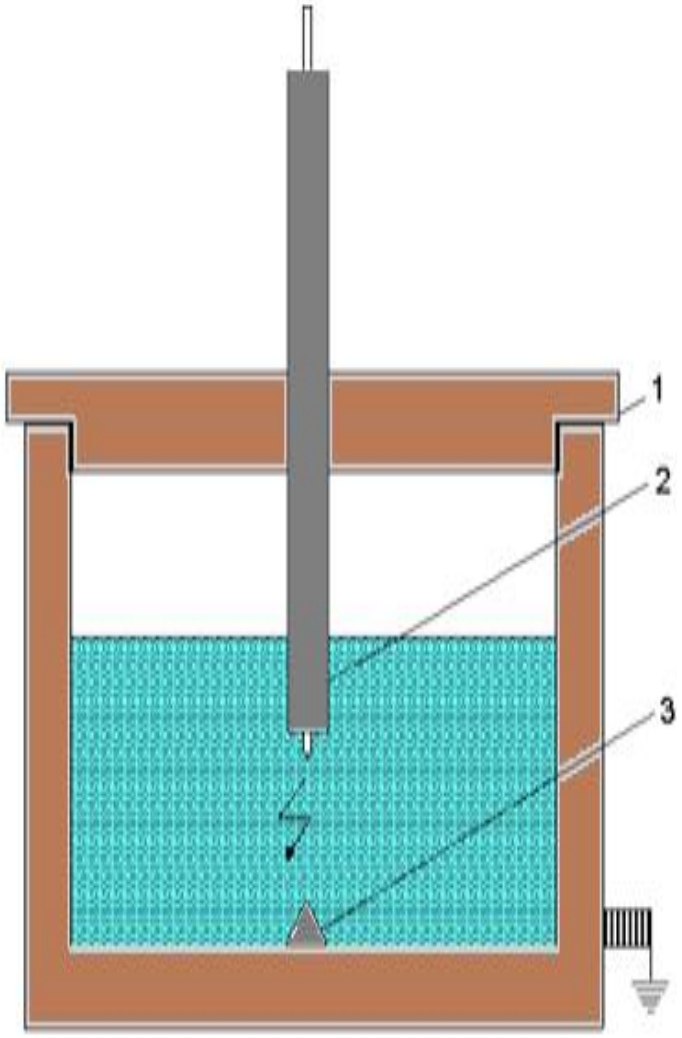
а б

Сурет 2.3 – Электр импульсін туғызатын орта ұяшығы: а) негізгі көрініс; б) схема[106]

Ұяшықтың қақпағының үстіңгі бөлігінің ішкі бетінің саңылау диаметрі сыртқы оқшаулағышы капраланнан жасалған электродты енгізуге арналып дайындалған.

2.4 – суретте көмір бөлшектерін электрогидроимпульстік өңдеуге арналған ұяшықтың жалпы жинақталған және разряд туындау бейнесі көрсетілген.

Осы ұяшықты пайдаланып зерттеулер разряд энергиясының, конденсатор батареялары сыйымдылығының, разряд аралық қашықтығының, сұйық деңгейінің әр түрлі мәндерінде жүргізілді. Коммутирлеуші құрылғыдағы кернеу 16-35 кВ дейін өзгертілді.



1 – герметикалық қақпақ, 2 – оң электрод, 3 – теріс электрод

Сурет 2.4 – Ұсақтуға (ұнтақтауға) арналған жұмыс ұяшығы[ ]

Электримпульстік қондырғыдағы ұсатудың механикалық ұсатқыштан айырмашылығы ол сұйық ортада жүретіндіктен шаң пайда болмайды және жұмыс ұяшығы үлкен орынды қажетсінбейді. Көмірдің ұсатылуы сулы ортада өтетіндіктен, өңделуші өнім құрамындағы әр түрлі адам өміріне қауіпті улы газдар мен шаң-тозаңды заттар қоршаған ортаға тарамай, судың құрамында қалады.

2.3 Көмірлерді әртүрлі әдістермен үгіту нәтижелері

Тәжірибелік зерттеулер жүргізу үшін «Шұбаркөл Көмір» АҚ және Кузнецк КҚО көмір разрезінен диаметрі 15-50 мм көмір алынды. Алынған өнімдер механикалық жолмен және электримпульстік қондырғының көмегімен ұсақталды. Кузнецк бассейндегі В-3 маркалы шикі қоңыр көмірі алынды.

Көмірдің сапалық сипаттамалары келесідей болды: Күлділігі – 12,71-18%, жану жылуы – 4600-4930 ккал/кг, ылғалдылығы – 16,56%.

Эксперимент жүргізер алдында көмірдің бастапқы түрі механикалық жолмен белгілі бір фракцияларға дейін ВКДМ-6 диірменінде ұсақталды [107].

Ал электримпульстік қондырғыда көмірді жұмыс ұяшығына салмас бұрын, көмір 50, 100, 150 және 200 грамм электронды таразыда өлшеніп, алынды. Өңдеуден кейін алынған үлгілерді кептіру және оларды әртүрлі мөлшердегі фракцияларға бөлу жүргізілді. Бөлшектердің мөлшерін өлшеу елеу әдісімен, арнайы електің көмегімен жүргізілді. Електер пайдаланатын ұяшықтардың үлкендігі: 1000, 500, 300, 250, 200, 100 және 80 мкм құрады.

Келесі 2.5 суретте ұнтақтауға дейінгі көмірлерді фотосуреттері. Бұл көмір шикізаты «Шұбаркөл Көмір» АҚ алынып, өңдеуге түсті.

а) $d_{фр}$ = 35-45 мм, б) $d_{фр}$ = 7-12 мм,

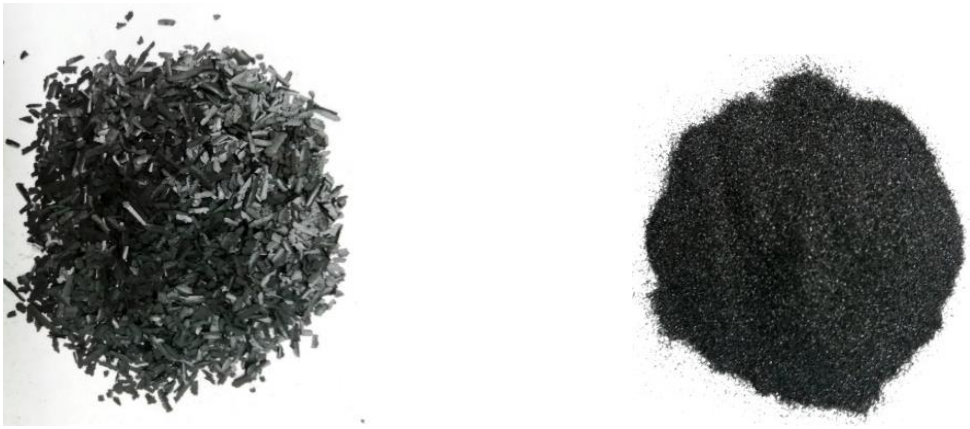
Сурет 2.5 - Өңдеуге дейінгі «Шұбаркөл Көмір» АҚ алынған көмір шикізаты.

Алынған көмірлерді алдымен әртүрлі фракцияларға жіктеп алдық. Олар ірі кесекті 35-45 мм-лік және 7-12 мм-лік кесектер қатарына жатқыздық. Біздің тәжирибелер ірі кесектер мен ұсақ кесектерге жеке-жеке жүргізілді.

Конустық ұсақтақыш құрылғысында механикалық өңдеу кезінде, ұнтақтау бір мезгілде қысу және ығысу деформациясы арқылы жүзеге асырылады. Ұсақталған материал тостағанның шұңқырына салынады, ол жерден сыртқы және ішкі сауыт беттерінен пайда болған ұсақтау қуысына түседі.

Материалдың бөлшектері конустар арасында кептеліп, бір уақытта қысу және ығысу деформацияларына ұшырайды. Конустық жүйе екі ұсақтау аймағын құрайды: сына тәрізді – материалды алдын ала ұсақтау үшін және калибрлеу – толық ұнтақтау үшін. Ұсақталған материал корпустағы ыдысқа түседі.

Төмендегі 2.6-суретте фракция диаметрлері 2-3 мм болатын көмір фракциялары ұсатуға пайдаланылды. Тәжірибелер жүргізіліп, әртүрлі диаметрлі електер арқылы еленген көмірдің фотосуреттері келтірілген.



а)$d_{фр}$ = 2-3 мм б)$d_{фр} \leq 1$ мм

Сурет 2.6 - «Шұбаркөл Көмір» АҚ алынған көмір шикізатын механикалық жолмен өңдеу нәтижелері.

Тәжірибе көрсеткендей, ұсақтау мен ұнтақтаудың механикалық әдісі, белгілі принциптерге негізделген (2.6 сурет а және б) көптеген маңызды кемшіліктерге ие, олар көмір кесектерін механикалық қысу кернеулерімен бұзудың физикалық принципімен жүзеге асырады, алайда кесектер үшін олардың қарсы тұратын кедергілері біршама көп болғандықтан, механикалық тұрғыдан бұзудың тиімділігі төмен болып қалады.

Шұбаркөл көмірін механикалық өңдеуден кейін фракцияның сипаты басқа әдістерге қарағанда (ЭГ өңдеу), ине тәріздес пішінге ие болады (2.6 а сурет). Осыдан кейін, біз осы көмірлерді электримпульстік қондырғының әртүрлі электрлік және геометриялық параметрлернде өңдеуге жібердік.

а) $d_{фр}$ = 1-3 мм б) $d_{фр} \leq 1$ мм

Сурет 2.7 - «Шұбаркөл Көмір» АҚ алынған көмір шикізатын электримпульстік әдіспен өңдеу.

Электрогидроимпульс қондырғысында электродтары сызықты жүйе арқылы орнатылған конустық камерадан тұрады. Оң электрод тігінен орналасады, ал теріс электрод-жарты шар тәрізді пішінге ие болады. Сулы ортада электрлік жарылыстың әсерінен күшті импульс өткенде, үлкен гидравликалық соққымен бірге, кавитациялық құбылыс орын алады, сәйкесінше ортдағы кен ұсақтала бастайды. Процес үздіксіз жалғасып жатады.

Көмірді ұнтақтау дәрежесінің қондырғының электрлік және геометриялық параметрлеріне тәуелділігі алынды ($1_р$=10мм, U=30кВ, C= 0,75 мкФ). Бұл көрсетілген параметрлер электримпульстік құрылғының ортадан жоғары параметрлері.

Жоғары вольтты электр разряды пайда болатын су ортасы разряд арнасында бөлінген энергияның трансформаторы болып табылады және төмен сығылу нәтижесінде қысымның күрт өсуіне әкеледі. Сондай-ақ, электрогидроимпульсті ұнтақтау әдісі дайын өнімнің гранулометриялық құрамын жоғары селективтілікпен реттеуге мүмкіндік береді.

Келесі зерттеулер дәл жоғарыдағы келтірілген ретпен, Қарағанды аймағының Кузнецк орталық байыту фабрикасынан (ОБФ) алынған көмірлер өңдеуге түсті.

а) $d_{фр}$ = 35-43 мм, б) $d_{фр}$ = 7-12 мм,

Сурет 2.8 - Өңдеуге дейінгі Кузнецк көмір кенішінен алынған көмір шикізаты.

Сәйкесінше ұнтақтау дәрежесі (сурет.2.8 а, б және 2.10 а, б) разряд арнасына енгізілетін меншікті энергияның ұлғаюымен артады, бұл өңделетін кенде алдымен соққы толқынының өту жолында микросызаттардың желісі пайда болуымен түсіндіріледі, және ортаға үздіксіз кернеу күйін тудырады.

а)

$d_{фр}$ = 2-4 мм

б)

$d_{фр} \leq 1$ мм

Сурет 2.9 - Кузнецк көмір кенішінен алынған көмір шикізатын механикалық жолмен өңдеу.

д)

$d_{фр}$ = 1-3 мм

е)

$d_{фр} \leq 1$ мм

Сурет 2.10 - Кузнецк көмір кенішінен алынған көмірлерді электримпульстік әдіспен өңдеу

Элекр разряды энергиясы кедергісі аз жолдармен жүреді, сондықтан материал разряд аймағын неғұрлым тығыз қоршап тұрса (ол неғұрлым ұсақталған болса), разряд арнасы шығаратын энергия соғұрлым ұтымсыз және толық жұмсалмайды. Себебі ұсақ материалдардың ортасындағы электр разрядының жүретін жолы ұзарып кетеді. Ал ірі кесектердің ортасынан ол тез

өтеді. Осының салдарынан энергияны артық жұмсауды қажет етеді. Сәйкесіннше процесіміз тиімді болуы үшін біз ол ортаны үздіксіз қозғап отыруға тиіспіз.

Сонымен, қазіргі таңда отын-энергетикалық кешеннің қарқынды дамуына байланысты қатты отын түрлеріне деген сұраныс жыл сайын артып отыр. Атап айтқанда, көмірді жылу энергетикалық станцияларында жағу барысында атмосфераға қатты отын қалдықтарының бөлінуі байқалады, бұл қоршаған орта жағдайына және жалпы Жер экожүйесіне айтарлықтай теріс әсерін тигізеді. Түтін газдарымен бірге атмосфераға бөлінетін күлдің концентрациясын төмендету үшін тек қана дәстүрлі золоулавливатель құрылғыларын пайдалану жеткіліксіз. Бұл мәселені шешу үшін физикалық-химиялық құрамына байланысты экологиялық тұрғыдан қауіпсіз жаңа отын түрлерін пайдалану жолдары қарастырылуда. Солардың бірі ретінде көмір-су отыны (КСО) ерекше назарға ие. Көмір-су отыны көмірді жағу тиімділігін арттырып қана қоймай, ұсақ көмір тозаңының жарылу қаупін төмендетеді, сондай-ақ атмосфераға бөлінетін азот және күкірт оксидтерінің мөлшерін азайтуға мүмкіндік береді.

Жылу энергетикалық қондырғыларда көмір-су отынын тиімді пайдалану оның технологиялық қасиеттері мен гранулометриялық құрамына тәуелді. Зерттеулер көрсеткендей, көмірмен жұмыс істейтін жылу электр станцияларына арналған көмір-су отынындағы қатты бөлшектердің оңтайлы мөлшері шамамен 250 мкм болуы тиіс. Көмір-су отынын өндіру барысында көмірді қажетті деңгейде ұсақтау негізгі технологиялық міндеттердің бірі болып табылады. Қазіргі өндірісте көмірді ұсақтау үшін құрғақ немесе сулы тәсілде жұмыс істейтін шарлы, стерженьді және вибрациялық диірмендер қолданылады. Алайда, мұндай жабдықтардың күрделі әрі қымбат конструкциясы, сондай-ақ жұмыс органдарының тез тозуы – олардың негізгі кемшіліктері болып табылады. Осыған байланысты көмірді ұсақтауға арналған балама технологияларды әзірлеу және зерттеу бағытында зертханалық деңгейде бірқатар ғылыми ізденістер жүргізілуде.

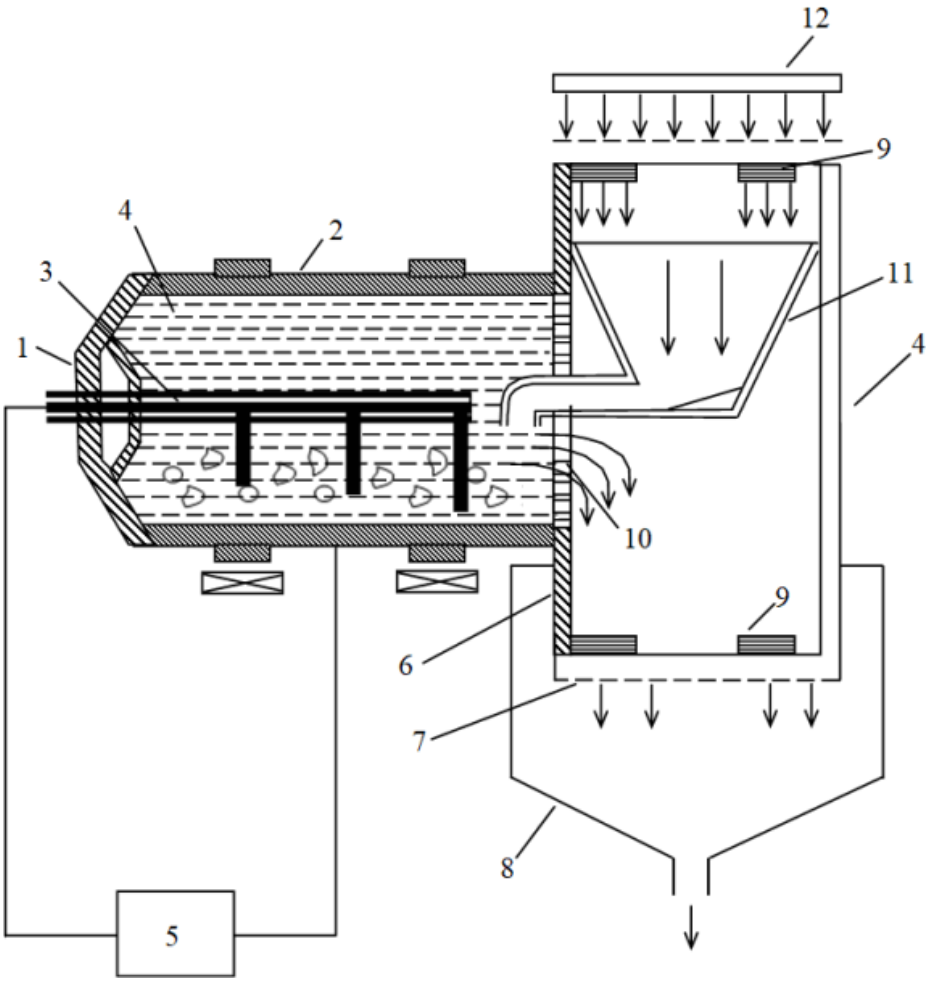
Осы зерттеу жұмысының мақсаты – көмірді ұсақтаудың баламалы әдісі ретінде сұйық ортада жүзеге асырылатын ұшқын электрлік разряд арқылы соққы толқыны энергиясын қолдануға негізделген технологияны ұсынамыз. Бұл әдіс Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университетінің электримпульстік технологиялар зертханасында табысты жүзеге асырылған және оның кейбір нәтижелерін келесі бөлімдерден көруге болады. Мұнда сұйық ортада жүзеге асатын электрлік разрядтың басты ерекшелігі – электр энергиясының тікелей механикалық энергияға түрленуі болып табылады. Нақтырақ айтқанда, электр энергиясы қысымдық соққы толқындарының энергиясына айналып, жоғары тиімділікпен көмір бөлшектерін ұсақтауға мүмкіндік береді. Бұл технологияның пайдалы әсер коэффициенті жоғары, ал қондырғының сенімділігі мен ұзақмерзімділігі оны өндірістік мақсатта қолдануға қолайлы етеді.

Енді осы құрылғылардың кейбіреуіне тоқталып өтейік. Процесті тиімді жасау үшін, ұсату құрылғысын автоматты түрде де ұсынуға болады.

2.4 Көмір-су суспензиясын үздіксіз алуға арналған электримпульстік әдіс.

Көмірді ұсақтау және ұнтақтау процесін оңтайландыруға және жылу-энергетикалық қондырғылардың от жағу камераларында жағу үшін көмір-су суспензияларын құруға мүмкіндік беретін қондырғыны әзірлеу және құру өте өзекті екені бәрімізге мәлім.

Ұсынылған әдіс бойынша кез-келген көмір отынын алу үшін көмір мен көмір шламы ұсақталады. Суретте ұсынылған әдісті жүзеге асыратын құрылғының схемасы көрсетілген.



1-тиеу мойны, 2- диірмен барабан, 3 - үш оң электродтар, 4 - теріс электродтар, 5 – электримпульстік қондырғы, 6-ұнтақтағыш барабан, 8, 11 - жинақтағыш, 9 - көтергіштер, 7 мен 10-торлар және 12 коллектор.

Сурет 2.11 - Үздіксіз электримпульстік әдіспен көмір шикізаты мен шламын өңдеуге арналған құрылғы

Әдістің техникалық ерекшелігі ретінде барабан ішінде орналасқан оң

электродтың көмегімен энергия шығындарын азайту және барабан диірменінде белгілі бір жиілік диапазонында электр разрядтарымен бірге жүретін қуатты соққы толқынын жасау арқылы қол жеткізіледі. Өңделетін ортаға электримпульстік әсер қажетті гранулометриялық құрамы (50÷250мкм) бар көмір - су суспензиясын алуға мүмкіндік береді. Жұмыс электродына жеткізілетін меншікті энергия $0,75\times10^4$Дж/м -ден 2,25 × 10^4 Дж/м -ге дейін өзгереді, бұл қажетті көмір-су суспензиясын алу кезінде қондырғының тиімділігін зерттеуге мүмкіндік береді [108].

Алдын ала дайындалған көмір (бөлшектердің үлкендігі 10÷15 мм) тиеу иіні арқылы диірменіне барабан түседі, оның ішінде үш оң және теріс электродтар бір уақытта араластырғыш рөлін атқарады. Электримпульстік қондырғыны қосқан кезімізде оң және теріс электродтар арасында белгілі жиілікпен электр разряды өтеді, сәйкесінше көмір шикізаты ұсақтау процесіне түседі.

Біз бұл ретте жұмыс электродына 3 мин ішінде 300-ден 420-ға дейінгі импульстардың беріледі, ал сәйкесінше меншікті энергияның шамасы 2,25 × 10^4 Дж/м-ге тең болады. Бірақ бұл жерде өлшем бірлігі Дж/м — бұл ұзындыққа тәуелді энергия мәні, яғни, меншікті энергияның массамен емес, ұзындықпен байланысы берілген (қалыпты Дж/кг емес). Мұндай өлшем оң электрод аралығына (интервал) немесе разряд жолына тәуелді энергия шамаларын сипаттауда қолданылады. Біз разряд кезінде берілген энергия (Дж) мен электродтар арасындағы арақашықтықты (м) біле отырып меншікті энергияның шамасы тауып алдық.

Меншікті энергия ұлғайған сайын ұсақталған көмір бөлшектерінің диаметрлері 250 мкм-ден 50 мкм-ге дейін төмендеп, қажетті суспензияны алуға мүмкіндік туады. Алайда сұйықтың ағынымен 20 мкм-ден аз диаметрдегі көмір бөлшектері ағып кетеді.

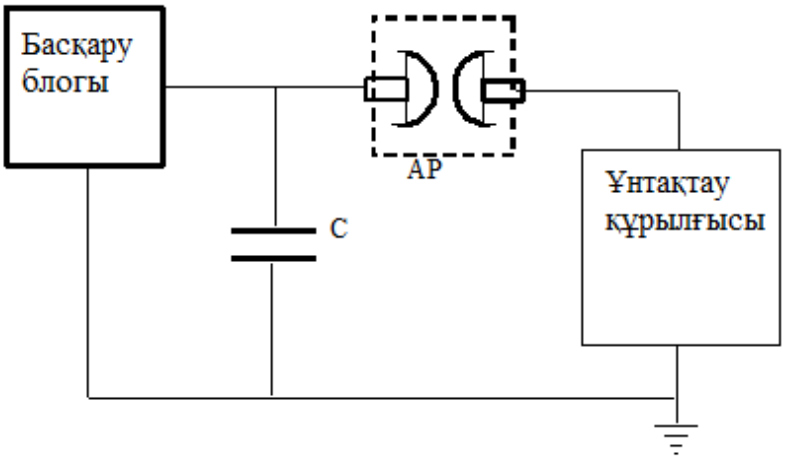
Импульс саны 300÷420 болатын сұйық ортадағы электримпульстік әсер көмір мен шламды ұнтақтау процесі үшін ең тиімді болып табылады. Бұл импульстар санымен әсер еткенде, сулы ортада соққы толқындары, сондай-ақ көмір өндірісінің кеуекті ортасын ұнтақтайтын көмір фракциялары арасындағы серпімді соққылар пайда болады. Жиілік диапазоны эксперименттік зерттеулер негізінде алынды.

2.5 **Көмір ұнтағын – көмір-су отынын алуға арналған ұсақтау құрылғысын әзірлеу**

Эксперименттік қондырғы қуат көзі блогынан, энергия жинақтаушы конденсатордан (С), реттелетін разрядниктен (РР) және ұнтақтау құрылғысынан (2.11-сурет) тұрады. Қуат көзі блогы электримпульстік қондырғының жұмысын басқару және бақылау үшін арналған және ұнтақтау процесінің түрлі режимдерін орнатуға мүмкіндік береді.

Жоғары кернеулі коммутацияның негізгі элементі — бұл реттелетін разрядник. Ол құрылғының әртүрлі кернеу және жиілік режимдерінде тұрақты жұмыс істеуін қамтамасыз етеді. Оның қажеттілігі жұмыс ортасының

(техникалық су) электр берілу кернеуі құрылғының жұмыс істеуі үшін қажетті кернеуден әлдеқайда төмен болуымен түсіндіріледі. Ауа саңылауы арқылы разряд пайда болған кезде жоғары тығыздықтағы ток жұмыс аралығына беріледі. Бұл өз кезегінде қажетті кернеуді жұмыс ортасына беруге мүмкіндік береді. Жұмыс кернеуін дәл реттеу ауа саңылауын үлкейту немесе кішірейту арқылы жүзеге асады. Осы мақсатта қондырғыда жұмыс режиміне сәйкес реттелетін электродаралық қашықтыққа ие арнайы разрядник қолданылады.



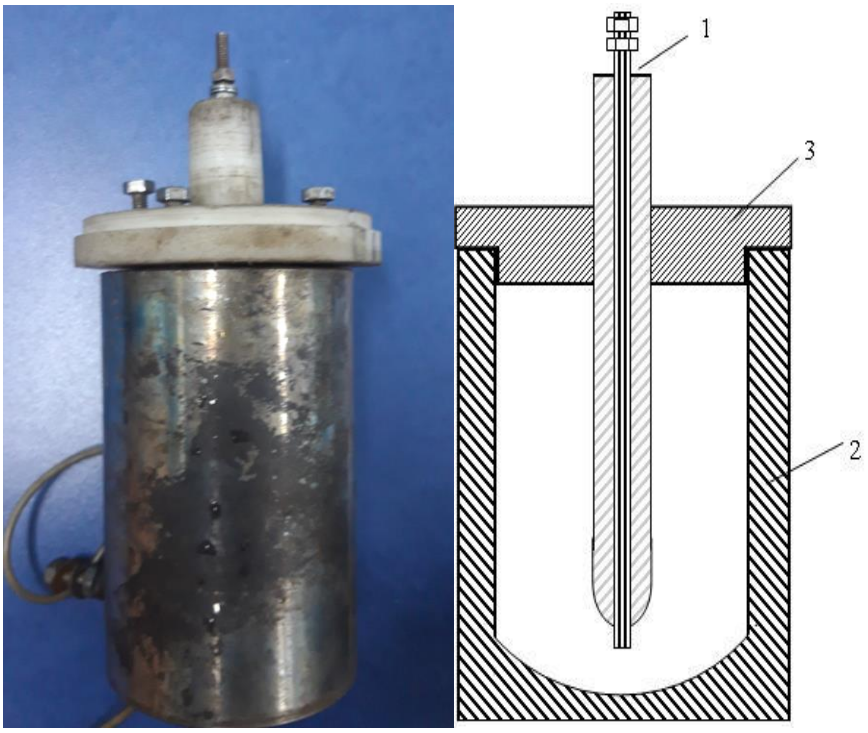
Сурет 2.11 - Эксперименттік қондырғының құрылымдық схемасы [109]

Ұнтақтау құрылғысы цилиндрлік камерадан тұрады (2.11-сурет), онда сызықтық электродтық жүйе орнатылған. Оң электрод тік бағытта орналасқан, ал металл камера түбі теріс электрод қызметін атқарады. Қуатты импульс ылғалды орта арқылы өткен кезде электрлік разряд пайда болады, ол күшті гидравликалық соққымен қатар жүреді.

Жоғары кернеулі разряд арнасы энергияны трансформациялайтын аймақ ретінде әрекет етеді, бұл арнада қысымның күрт артуы байқалады. Электрлік импульстер әсерінен өңделетін ортада гидродинамикалық ағындар мен акустикалық толқындар түзіледі, ал қысымның локалды төмендеуінен кавитация құбылысы пайда болады. Кавитациялық көпіршік қысыммен қозғалып, жарылған кезде соққы толқыны түзіледі. Бұл процесс барысында кумулятивті ағындардың микросоққылары пайда болады. Қоспа разряд арнасынан жоғары жылдамдықпен қозғалып, барлық бағытта таралады. Жұмыс басталған сәтте разряд арнасы тез кеңейеді, инерция әсерінен арна көлемі біраз уақыт ұлғайып, кейін қысқарады. Кеңею барысында температура мен қысым төмендейді, ал сығылған кезінде қайта артады, нәтижесінде тербелмелі пульсация құбылысы байқалады.

Электримпульстік құрылғылардың механикалық ұсатқыштардан айырмашылығы — оларда қозғалмалы бөлшектер болмайды, қарапайым құрылымдық болаттан жасалған, корабы тозуға төзімді. Жұмыс кезінде шаң

бөлінбейді, аз орын алады, материалдарды ұнтақтауға, араластыруға және флотациялауға мүмкіндік береді. Бұл процестерді автоматтандыру оңай, әрі қондырғы жоғары білікті қызметкерлерді қажет етпейді. Электрлік импульстер әсер еткенде қысымды тасымалдаушы ретінде техникалық су қолданылады — бұл қолжетімді, үнемді әрі экологиялық таза орта [18].



Сурет 2.12 - Ұнтақтау құрылғысындағы жалпы түрі: 1- оң электрод, 2- ішкі беті тегіс және жарты шар тәрізді металл камера, 3 - өткізбейтін материалдан жасалған оқшаулағыш [109, Б.261]

Сурет 2.13 - Ұнтақтау құрылғысының ішкі бейнесі мен олардың өлшемдері [109, Б.261]

Жұмыс электродтарының бұзылуының негізгі себебі – оқшаулағыш пен сұйықтықтың шекарасында пайда болатын стримерлердің әсерінен туындайтын термохимиялық және механикалық жүктемелер. Ең алдымен, бұл әсер оқшаулағыш жолда орналасқан оқшаулаудың үстіңгі қабатының деполимеризациясымен сипатталатын әлсіз жылулық өзгерістерге алып келеді. Одан әрі разряд процесі кезінде стримерлер саны артып, олар осы жолдар арқылы өтеді, нәтижесінде оқшаулағыш қабаттың физикалық-химиялық қасиеттері өзгереді. Сөйтіп, өткізгіштік арналары қалыптасады, олар арқылы кездейсоқ разрядтар өтеді, бұл күйік іздерінің тереңдеуіне және оқшаулағыш корпусқа енуіне әкеледі. Күйік іздері оқшаулаудың шеткі бетіне дейін жеткенде, қуыстардың жабылуы кезінде пайда болатын кавитациялық соққылар оқшаулағыш материалға механикалық әсер етіп, су мен ұнтақталған материал бөлшектерінің оқшаулағыш корпусқа енуіне себеп болады.

Күйік орнында пайда болған сына тәрізді саңылауға әсер ететін гидравликалық соққылар оқшаулаудың механикалық жыртылуына, яғни жарыла үзілуіне және ішкі бөлігінде одан да терең орналасқан жаңа күйік аймақтарының пайда болуына алып келеді. Бұл құбылыс ақырында электрод өзегінің бойымен оқшаулағыштың біртіндеп "жойылуына" әкеледі [16].

Оқшаулау бұзылғаннан кейін, ультраұзын разрядтарды алу шарттары дереу бұзылады, ал энергия шығындары күрт өседі. Соның нәтижесінде электргидравликалық құрылғының жұмысы тиімсіз болып қалады. Мұндай жағдайда жұмыс істейтін (оң) электродтың белсенді бетінің артуы салдарынан шығындар одан әрі өсіп, разрядтар толықтай тоқтауы мүмкін.

Осы мәселеге байланысты көмір-су отынына қажетті шикізатты өндіруге арналған электримпульстік құрылғының жұмыс электродтарының оңтайлы құрылымын жобалау мақсатында зерттеу жұмыстары одан әрі қарай жүргізілді.

Ұсақтау құрылғысындағы теріс электрод (2) функциясын металл цилиндрлік корпус түбінің ішкі беті (диаметрі d=70 мм, биіктігі H=150 мм) және диаметрі 5 мм капролонмен оқшауланған өзек – 30HGSA маркалы көміртекті болаттан жасалған оң электрод (1) орындады. Оң электрод жоғарғы жағында бекітілген құрылғы оқшаулағыш материалдан жасалған жолақта (3).

2.6 Екінші бөлім бойынша қорытынды

Көмірді өңдеу үшін тәжірибелік зерттеулер жүргізілді. Қарағанды аумағында, оның ішінде «Шұбаркөл Көмір» АҚ және Кузнецк көмір кенішінен диаметрі 15-50 мм-лік көмір шикізатын ұнтақтап, одан арнайы сулы-көмірлі отынды дайындауға мүмкіндік беретін электримпульстік қондырғы мен жұмыс ұяшығы (ұсату құрылғысы)жасалды.

Ұсату (ұнтақтау) ұяшықтары ретінде екі электрод орналасқан, оның біреуі қозғалмайтын, ал екіншісі электрод микрометрлік винтке бекітіліп, оның ара қашықтықтары реттеліп отыратын цилиндр тәріздес металл қораптан жасалды.

Электрод арақашықтығы қақпағына арнайы орнатылған электрод (оң) арқылы реттеледі.

Көмірлерді әртүрлі әдістермен үгіту жұмыстарын жүргізу үшін «Шұбаркөл Көмір» АҚ және Кузнецк көмір кенішінендиаметрі 15-50 мм көмірлер алынды. Кузнецк бассейндегі В-3 маркалы көмірінің параметрлері: Күлділік – 12,71-18%, жану жылуы – 4600-4930 ккал/кг, ылғалдылығы – 16,56%.

Өңдеуден кейін алынған үлгілерді кептіру және оларды әртүрлі мөлшердегі фракцияларға бөлу жүргізілді. Бөлшектердің мөлшерін өлшеу елеу әдісімен, арнайы електің көмегімен жүргізілді. Електер пайдаланатын ұяшықтардың үлкендігі: 1000, 500, 300, 250, 200, 100 және 80 мкм құрады.

Көмірді ұсақтау және ұнтақтау процесін оңтайландыруға және жылу-энергетикалық қондырғылардың от жағу камераларында жағу үшін көмір-су суспензияларын құруға мүмкіндік беретін қондырғы әзірленді. Өңделетін ортаға электримпульстік әсер қажетті гранулометриялық құрамы (50÷250мкм) бар көмір - су суспензиясын алуға мүмкіндік береді. Жұмыс электродына жеткізілетін меншікті энергия $0,75\times10^4$Дж/м -ден $2,25 \times 10^4$ Дж/м -ге дейін өзгеретін, қажетті көмір-су суспензиясын алуға мүмкіндік беретін құрылғы жобаланды.

Алғаш рет ұнтақтау процесіне ауалық ұшқындық разрядтаушыдағы электродтардың формасының әсері зерттелді. Ұсақтау құрылғысындағы теріс электрод функциясын цилиндрлік (диаметрі d = 70 мм, биіктігі H = 150 мм) металл қораптың ішкі беті орындаса, ал оң электрод ретінде диаметрі 5 мм капролонмен оқшауланған 30HGSA маркалы көміртекті болаттан жасалған өзекше орындады. Жұмыс электродтарының бұзылуының негізгі себебі – оқшаулау-сұйықтық интерфейсіндегі сұйықтықта пайда болатын стримерлердің оқшаулауына әсер ететін термохимиялық және механикалық әсерлер екені анықталды.

3 АЛЫНҒАН ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІН ТАЛДАУ

3.1 Көмір-су отынының шикізатын ұсақтау құрылғысы арқылы алу нәтижелері

Алғашқы эксперименттік зерттеулерде зерттелетін объект ретінде Қазақстан Республикасының Қарағанды облысында орналасқан "Кузнецкий" разрезінің Б-3 маркалы байытылмаған қоңыр көмірі алынды. Көмірдің сапалық сипаттамалары: күл - 12,71-18%, жанудың төменгі жылуы-4600-4930 ккал / кг, ылғал - 16,56 %.

Эксперименттік зерттеулерде номиналды кернеуі 100 кВ-қа дейінгі, сыйымдылығы 0,4 μF (С) (3 дана мөлшерінде) импульстік конденсаторлар пайдаланылды.Тәжірибе барысында конденсатор батареясының сыйымдылығы-0.4, 0.8, 1.2 μF болды;

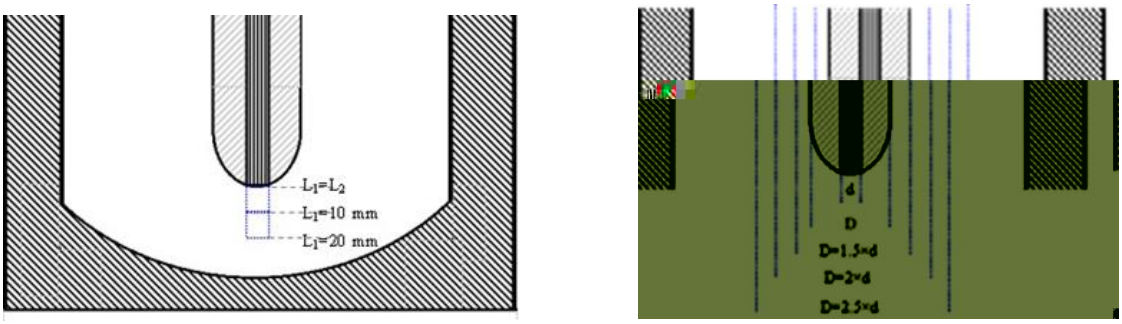
Импульстік кернеу (U, kV) – 15-, 20, 25, 30, 35) С100 айна киловольтметрінің көмегімен өлшенді және бақыланды, мұнда шкаланың жұмыс бөлігіндегі негізгі қателіктің рұқсат етілген мәнінің шегі ± 2,0% құрайды.

Бастапқы шикізат пен алынған өнімнің массасы зертханалық салмақтардың көмегімен анықталды (максималды жүктеме - 1200 г; санау дискреттілігі 0,1 г). Әрбір эксперимент үшін бастапқы өнімнің массасы 200 г болды, ал электримпульс әдісімен алынған ұнтақталған көмір ұнтағы 250 мкм тесік диаметрі бар електен өткізілді (ГОСТ Р 51568-99 сәйкес калибрленген Елек).

Өлшеу қателіктері: импульстік кернеу үшін-3,5%, конденсаторлық батареяның сыйымдылығы үшін-2,5%, бастапқы өнімнің және электр импульстік әдіспен алынған өнімнің массасы бойынша-1%.

Эксперименттік зерттеулер жұмыс электродының ұшының сыртқы оқшаулауға тәуелділігін зерттелді (3.1-кесте):

- электрод ұшының ұзындығының (L1) оқшаулағыш материалдың ұзындығына тәуелділігі



а) б)

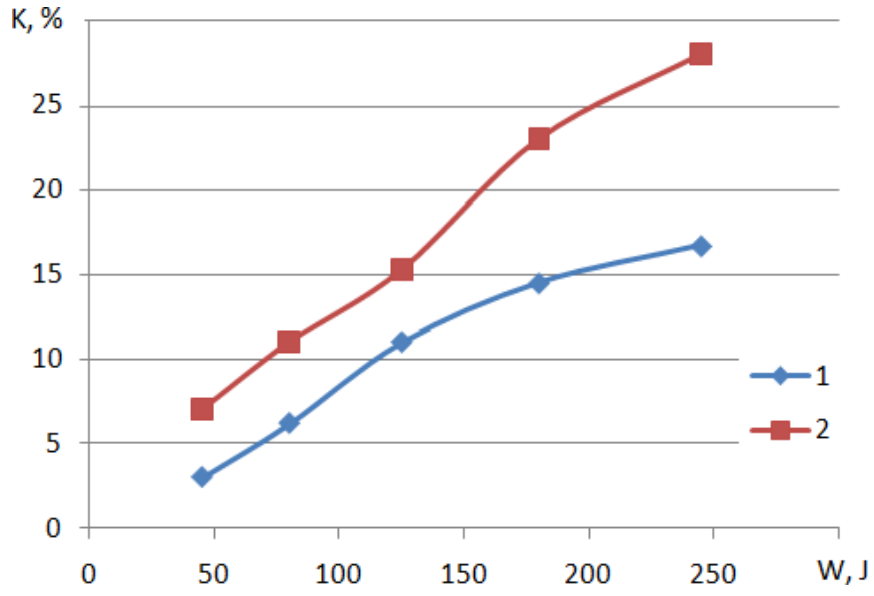
3.1 сурет - Жұмыс электродтары

3.2 кесте - Көмірді ұнтақтау дәрежесінің электродтар арасындағы қашықтыққа және электр импульстік құрылғыдағы импульстік разрядтардың санына байланысы [109 Б.265]

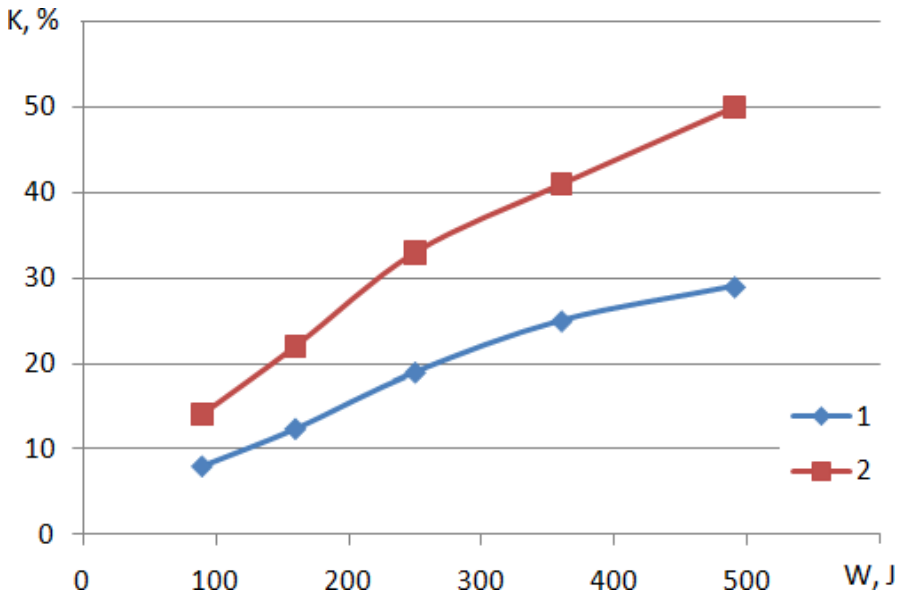
Импульстік разрядтар саны	Теріс тегіс беткі электрод				Теріс жарты шар тәрізді электрод			
	Оң және теріс электродтар арасындағы қашықтық (l)							
	5 mm	10 mm	15 mm	20 mm	5 mm	10 mm	15 mm	20 mm
	K, %				K, %			
N = 300	9	10.5	13	15	12	14.3	17	19.6
N = 500	13	14.2	15.5	18	15	18.2	21	26.4
N = 800	16	19	22.4	25	19.2	24	29	38
N =1000	22	29	35	42	30	39	52	75

Кейіннен біз көмірдің ұнтақталу дәрежесінің импульстік разрядтардың энергиясына тәуелділігін зерттедік (сурет. 3.14 және 3.15). Разряд энергиясы конденсатордың сыйымдылығы мен разряд кернеуінің әртүрлі мәндерінде өзгерді ($W = CU^2/2$):

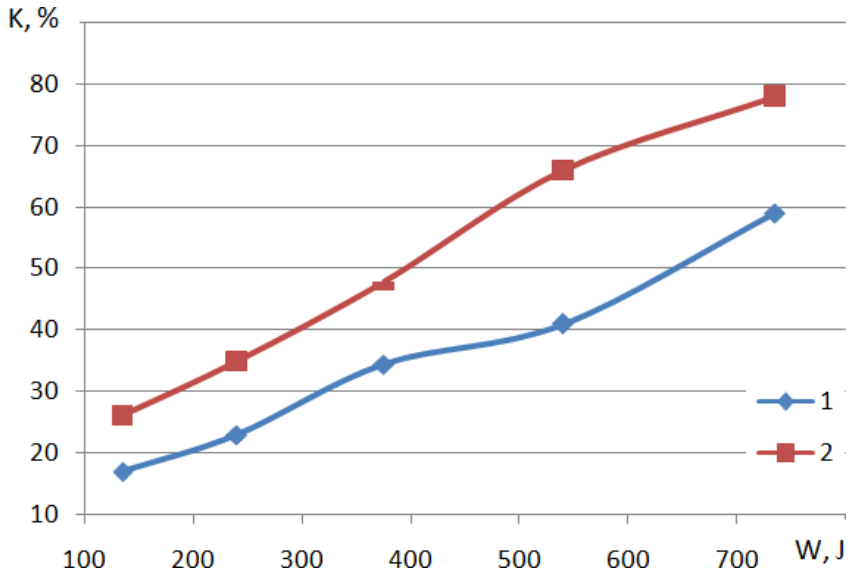
- конденсатордың сыйымдылығы (C, мкФ) – 0.4, 0.8, 1.2;
- разряд кернеуі (U, кВ) – 15, 20, 25, 30, 35;
- разряд энергиясы (W, Дж) – of 45 to 735.



а) C = 0.4 μF, N = 800



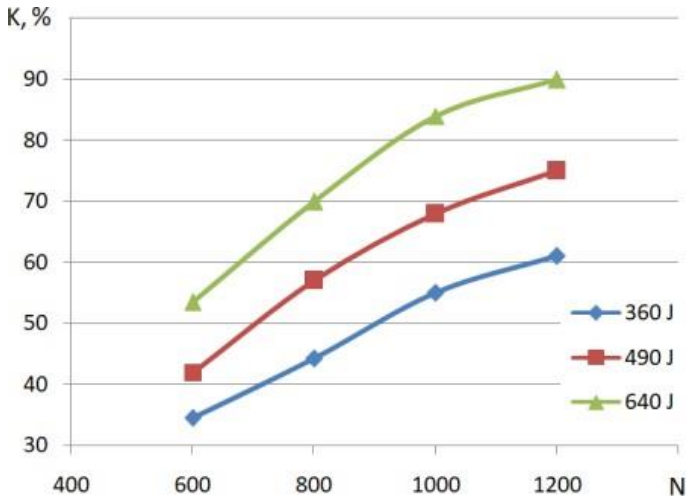
b) C = 0.8 μF, N = 800



c) C = 1.2 μF, N = 800

3.4 сурет - Көмірді ұнтақтау дәрежесінің импульстік разрядтардың энергиясына тәуелділігі: 1-беті тегіс теріс электрод; 2-теріс электродтың пішіні жарты шар тәрізді [109 Б.266]

3.4 және 3.5 суретте разряд энергиясы жоғарылаған сайын көмірді ұнтақтау дәрежесі артатынын көрсетеді. Құрылғының теріс электродының пішіні жарты шар тәрізді болған кезде материалды ұнтақтау қарқынды жүретіні анықталды (W = 640 Дж, K = 89,3%).



3.5 сурет - Көмірді ұнтақтау дәрежесінің импульстік разрядтар санына тәуелділігі (теріс электродтың формасы жарты шар тәрізді)

C = 0,8 мкФ, U = 30 кВ

Эксперименттік жұмыс көрсеткендей, осы типтегі теріс электродтардың пішінін таңдау сұйықтықта орналасқан электродтар арасында қолайлы разрядты (ультра ұзын разрядтар) қалыптастыруға негізделген. Өткізгіш сұйықтықтарда ультра ұзын разрядтарды алу тәсілі теріс электродтың белсенді аймағын ұлғайта отырып, оң электродтың белсенді (яғни сұйықтықпен жанасатын) ауданын шектеу болып табылады. Бұл әдіс стримерлердің өткізгіш сұйықтықтарда пайда болуына әкеледі (стример-бұл судағы ұшқын разрядының алдын-ала бұзылу сатысында пайда болатын әлсіз иондалған жұқа арна). Осылайша, үлкен ұзындықтағы разрядтар және өз энергиясын қоршаған кеңістікке қарқынды түрде шығаруға қабілетті арна бетін алуға болады.

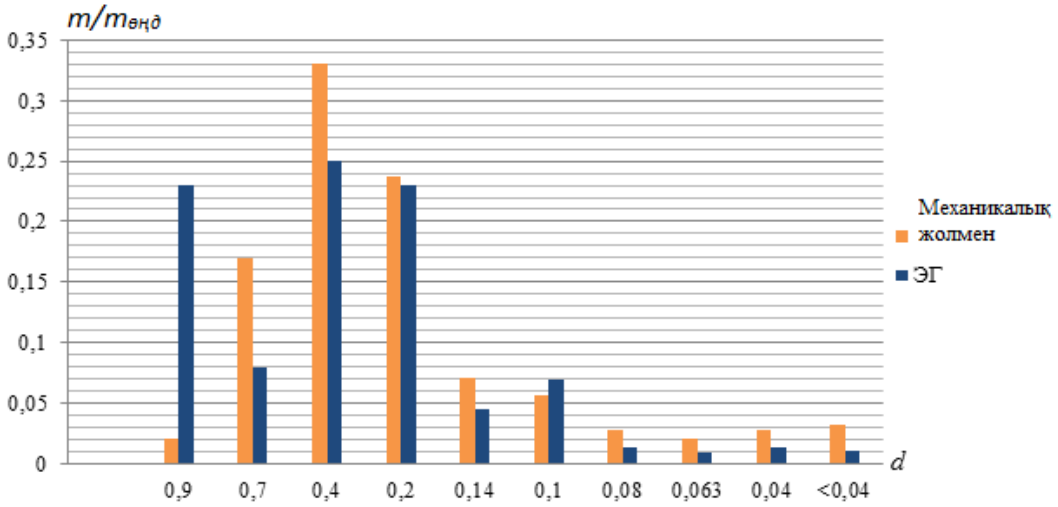
Эксперименттік зерттеулер барысында жұмыс электродтарының тиімді нұсқасы ұсынылды және электроимульс технологиясының параметрлеріне байланысты көмірді ұнтақтау дәрежесі анықталды. Зерттеу нәтижесінде көмір-су отынына қажетті өнім алынды.

Алынған нәтижелер мен жүргізілген жұмыстардың шарттарын талдау көмірді ұнтақтау қарқындылығын арттыру бойынша техникалық ұсыныстарды әзірлеуге ықпал етті. Фракция диаметрі 250 мкм болатын көмір ұнтағын алудың оңтайлы параметрлері анықталды: N=1000, C=0.8 μF, U=30 kV, W=640 J.

Болашақта осы әдіспен мөлшері 100 мкм-ден аз көмір ұнтағын алу және шикізат құрамындағы күлге электр импульстік разрядтардың әсерін зерттеу жоспарлануда.

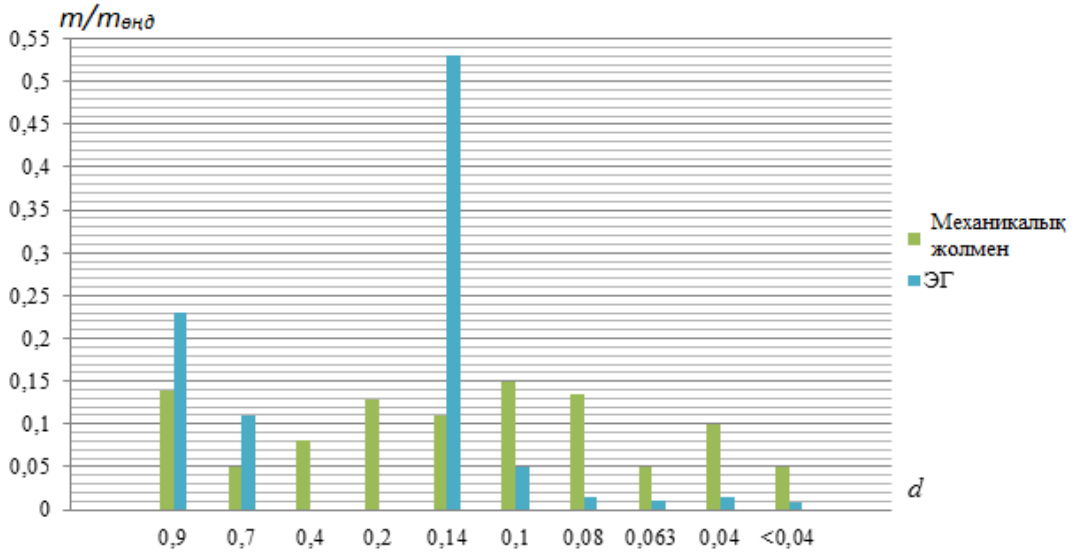
3.2 Кузнецк көмір кеніші және Шұбаркөл өндірісі көмірінің массалық үлесін анықтау нәтижелері

Келесі суреттерде сәйкес көмірлерді механикалық және ЭГ өңдеуден кейінгі материалдардың массалық үлестерінің нәтижелері көрсетілген.



Сурет 3.6 – Кузнецк көмір кенішікөмірін механикалық және ЭГ бөлшектеуге түсіргеннен кейінгі өлшемдері бойынша алынған гистограмма бейнесі [117 Б. 42]

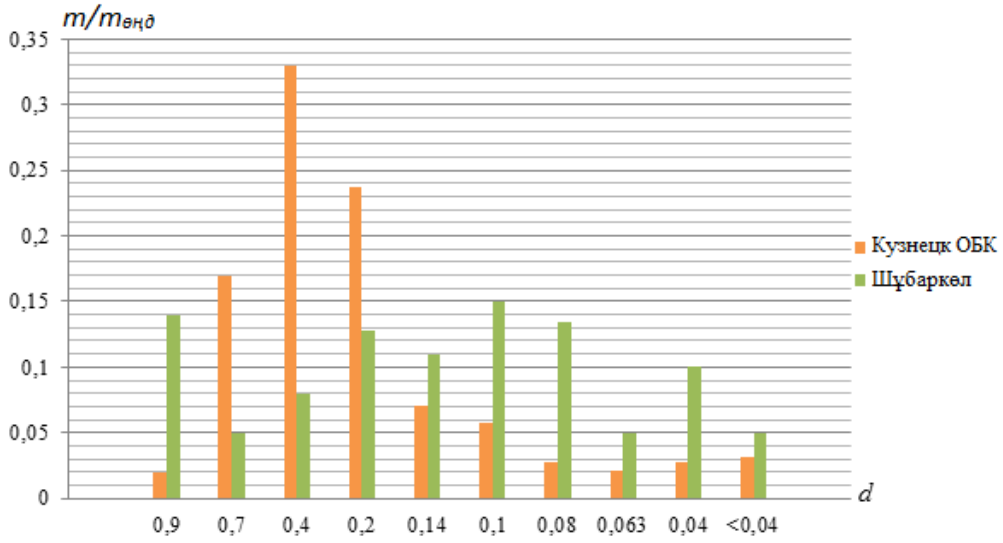
Бұл гистограмма көмір фракцияларының өлшемі мен олардың массалық үлестерін салыстыруға мүмкіндік береді. 3.6-суреттен көріп отырғанымыздай, механикалық және ЭГ өңдеуден кейін диаметрі 0,9 мм фракцияның массалық үлесі ЭГ өңдеуден әлдеқайда аз, бірақ механикалық өңдеуден кейін фракцияның диаметрі 0,4 мм – 35% - ға артады. Бұл нәтижені айналмалы конустық ұсақтағыш құрылғысының құрылымдық ерекшеліктерімен – нақтырақ айтқанда, оның ұсақтау беті мен негізі арасындағы саңылау енінің әсерімен түсіндіруге болады. Сонымен қатар, 0,2 мм және 0,1 мм өлшемді ұсақ бөлшектердің массалық үлесі 7–9% аралығында екені анықталды. Бұл нәтиже ЭГ әдісінің көмірді қажетті ұсақ дисперстік күйге жеткізуде тиімді екенін көрсетеді.



Сурет 3.7 – Шұбаркөл көмірін механикалық және ЭГ бөлшектеуге түсіргеннен кейінгі өлшемдері бойынша алынған гистограмма бейнесі [117 Б. 42]

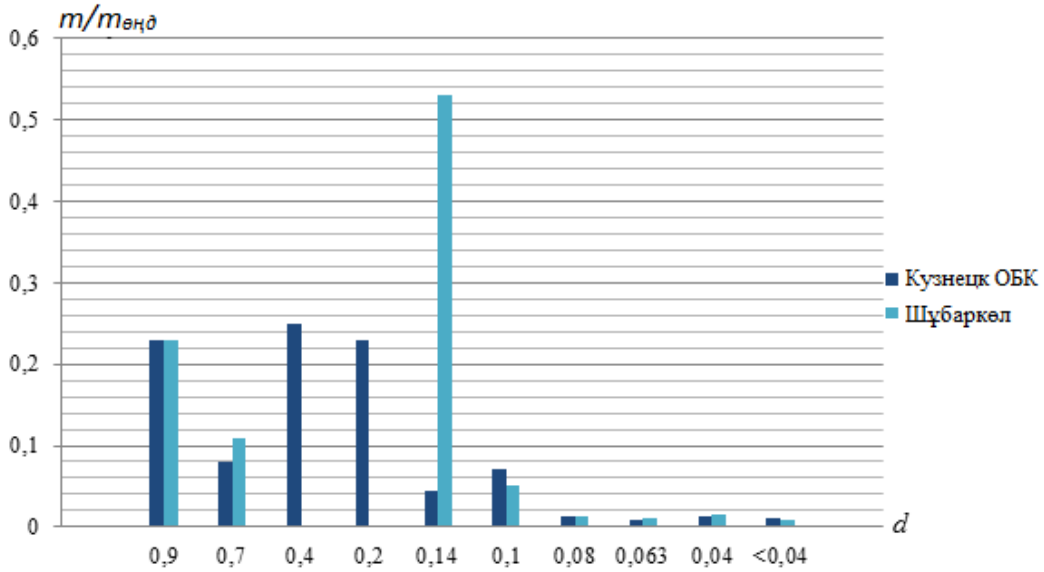
3.7-суретте механикалық және ЭГ өңдеуден кейін диаметрі 0,14 мм фракцияның массалық үлесі ЭГ өңдеуге қарағанда әлдеқайда аз екенін байқауға болады.

3.8 және 3.9 суреттерде Кузнецк және Шұбаркөл көмірлерінің екі түрлі әдіспен: дәстүрлі механикалық және электримпульстік (ЭГ) бөлшектеуден кейінгі түйіршіктік құрамының салыстырмалы гистограммалары көрсетілген.



Сурет 3.8 – Кузнецк көмір кеніші көмірі мен Шұбаркөл көмірін механикалық бөлшектеуге түсіргеннен кейінгі өлшемдері бойынша алынған салыстырмалы гистограмма бейнесі

Сурет 3.8-де механикалық бөлшектеуден кейін алынған көмір үлгілерінің бөлшектерінің өлшемдері бойынша таралуы бейнеленген. Бұл гистограммада Кузнецк көмірінің бөлшектері негізінен ірі фракцияда (250 мкм және одан жоғары) шоғырланса, Шұбаркөл көмірінің бөлшектері салыстырмалы түрде ұсақтау, алайда бөлшектердің таралуы әлі де кең диапазонда қалып отыр. Бұл механикалық әдістің көмірдің қаттылығы мен құрылымына тәуелділігін көрсетеді.



Сурет 3.9 – Кузнецк көмір кенішікөмірі мен Шұбаркөл көмірін ЭГ бөлшектеуге түсіргеннен кейінгі өлшемдері бойынша алынған салыстырмалы гистограмма бейнесі [117 Б. 43]

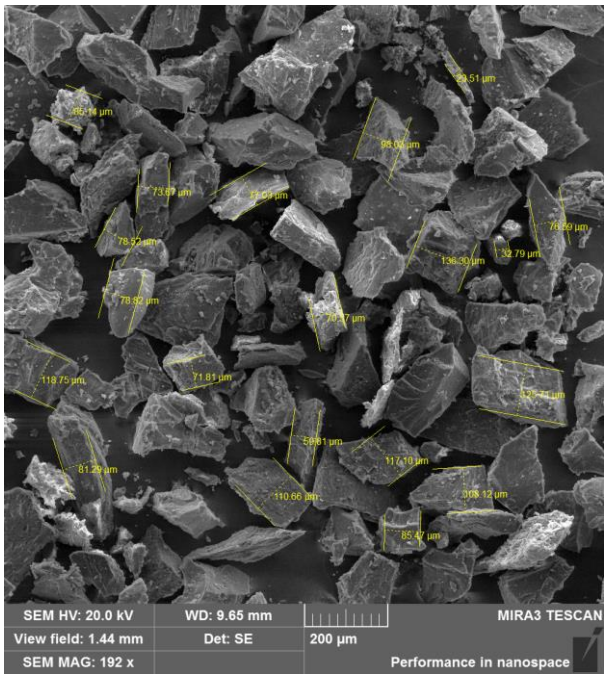
Сурет 3.9-дағы ЭГ (электримпульстік) бөлшектеуден кейінгі нәтижелер көмір фракцияларының айтарлықтай ұсақталып, біркелкі таралғанын көрсетеді. Мұнда Шұбаркөл көмірінің бөлшектері 100–200 мкм аралығында жоғары үлеспен орналасқан. Ал Кузнецк көмірінің бөлшектері де салыстырмалы түрде ұсақталып, 150–250 мкм диапазонында көбірек шоғырланған.

Салыстыру нәтижесінде, электримпульстік бөлшектеу көмір бөлшектерінің ұсақтығы мен біркелкілігін қамтамасыз ететін тиімді әдіс екенін байқауға болады. Сонымен қатар, бұл әдіс механикалық күшті қолданбай, энергияны соққы толқындары арқылы таратып, көмірдің құрылымын жоюда жоғары тиімділік көрсетеді.

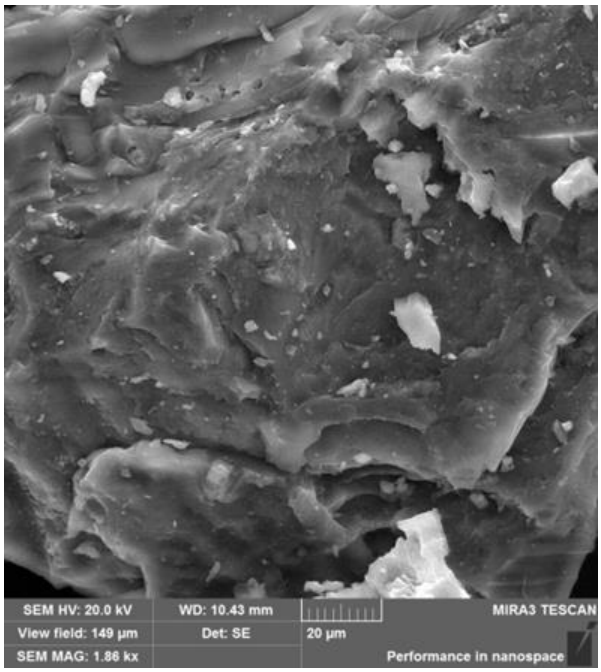
3.3 Шұбаркөл мен Кузнецк көмір кеніші көмір үлгілерінің өлшемдерін анықтау

Көмір үлгілерінің морфологиялық құрылымын және бөлшектер өлшемін зерттеу мақсатында TESCAN MIRA 3 сканерлеуші электрондық микроскобы (СЭМ) қолданылды. Бұл микроскоп 20 кВ үдеткіш кернеуде екінші реттік электрондар детекторының (SE detector) көмегімен жоғары дәлдіктегі микросуреттер алуға мүмкіндік береді. TESCAN Essence бағдарламалық жасақтамасы үлгі бетінің микроморфологиясын және оның жергілікті химиялық құрамын нақты уақыт режимінде талдауға жағдай жасайды.

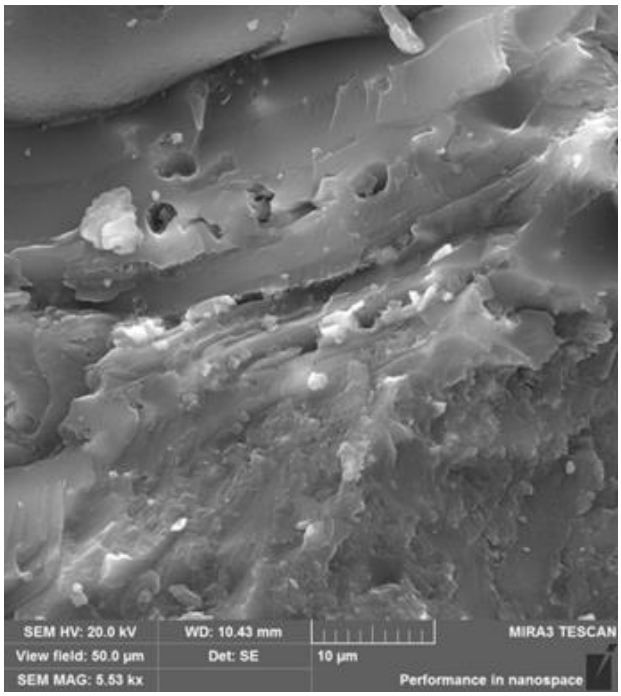
Үлгілердің бөлшектері өткізгіш көміртекті таспаның көмегімен арнайы "үстелдерге" бекітілді, содан кейін үстелдер микроскоп камерасына орналастырылды. Суреттер екінші электронды детекторды қолдану (SE detector) арқылы 20 кВ электронды сәуленің үдеткіш кернеуінде (HV) алынды [107, Б.146, 117 Б.43].



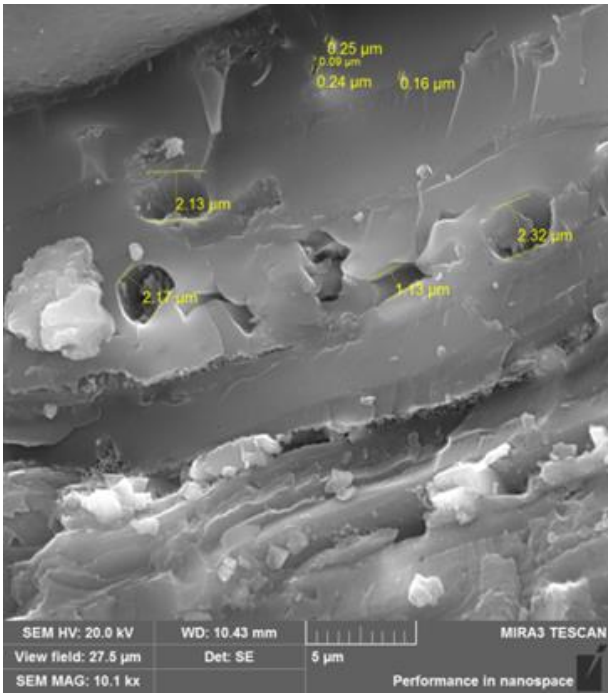
а)



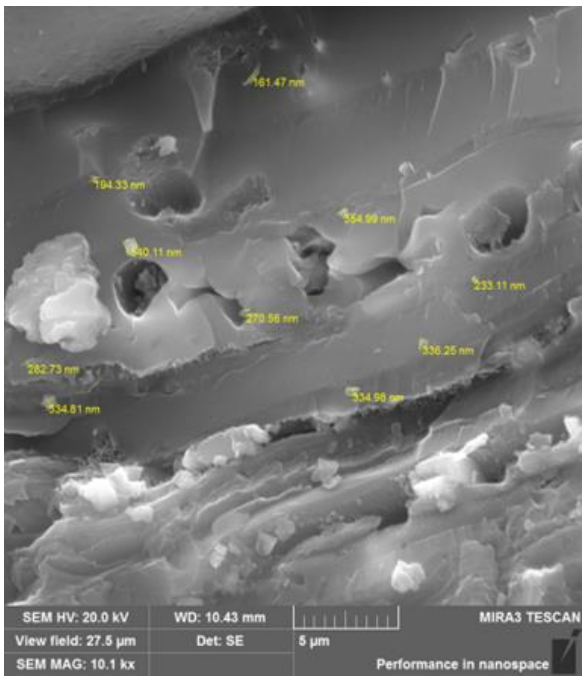
б)



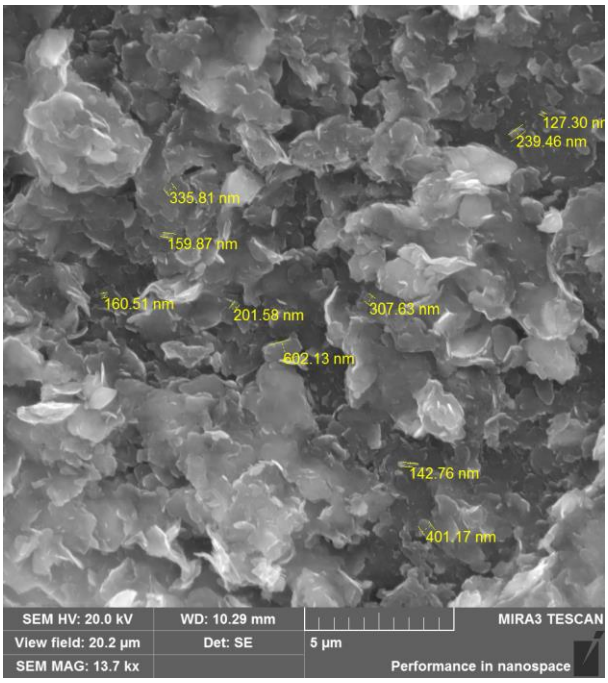
в)



г)



д)



е)

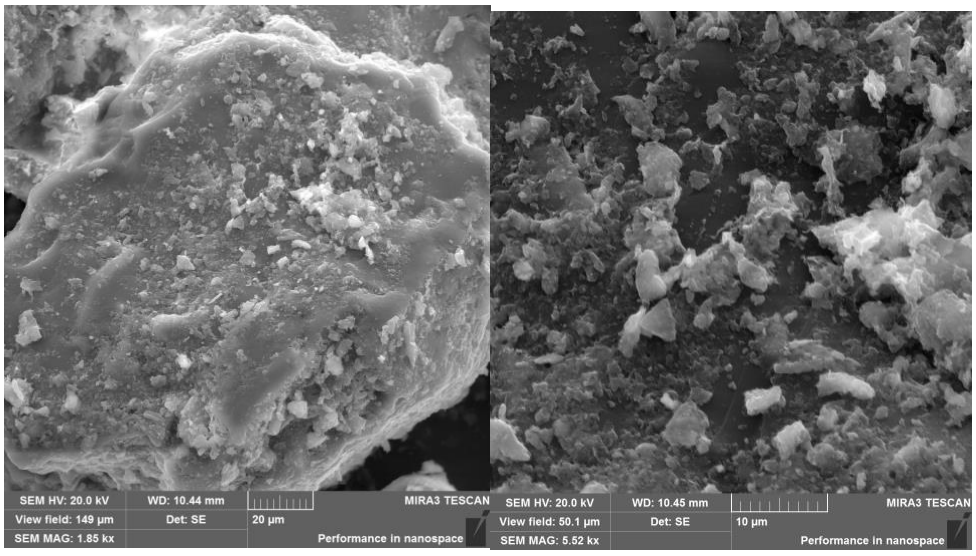
Сурет 3.10 - Механикалық жолмен өңделген Кузнецк көмір кеніші электрондық микроскоптағы бейнесі

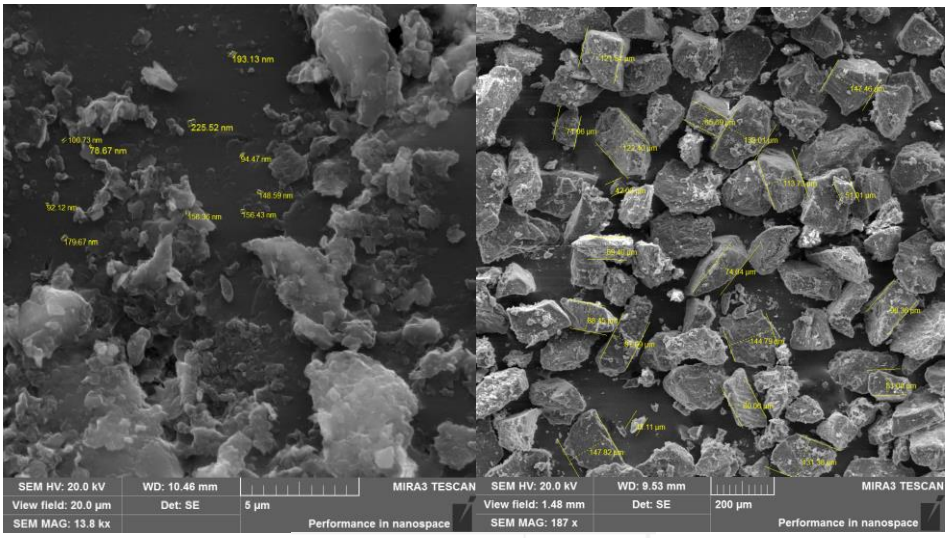
Значение	d [µm]
Счетчик объектов	20
Итог	1709.50
Мин. знач.	23.51
Макс. знач.	136.30
Среднее знач.	85.47
Станд. отклон.	28.02

Берілген суреттер көмір үлгілерінің морфологиясын түрлі үлкейту деңгейінде көрсетеді. 3.10а сурет нұсқасында байқалған бөлшектердің өлшемдері:

- Ең кіші өлшем – 23,51 мкм,
- Ең үлкен бөлшек – 136,3 мкм аралығында орналасқан.

Бұл көмірдің механикалық өңдеу кезінде ірі әрі ретсіз пішінді бөлшектерге ыдырайтынын көрсетеді. Бөлшектер шеттері бұрышты, дөрекі, кейбір жағдайларда қабаттардан тұратын құрылымдар байқалады. Бұл көмірдің құрылымы біртекті емес екенін және микрожарықтар арқылы бөлінетінін білдіреді.



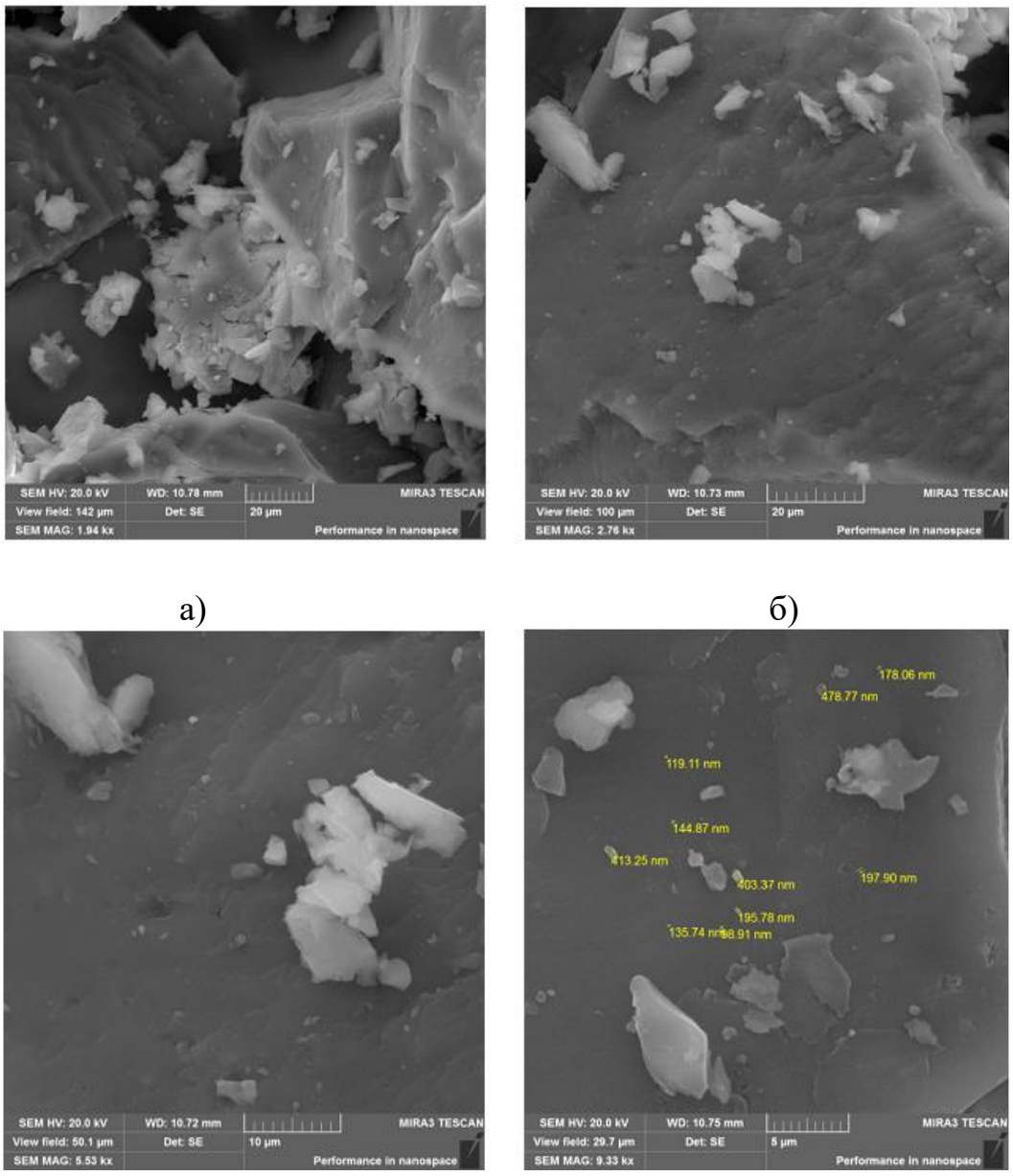


Значение	d [µm]
Счетчик объектов	20
Итог	1910.97
Мин. знач.	41.11
Макс. знач.	147.82
Среднее знач.	95.55
Станд. отклон.	34.06

Сурет 3.11 - Электримпульстік әдіспен өңделген Кузнецк көмір кенішіэлектрондық микроскоптағы бейнесі

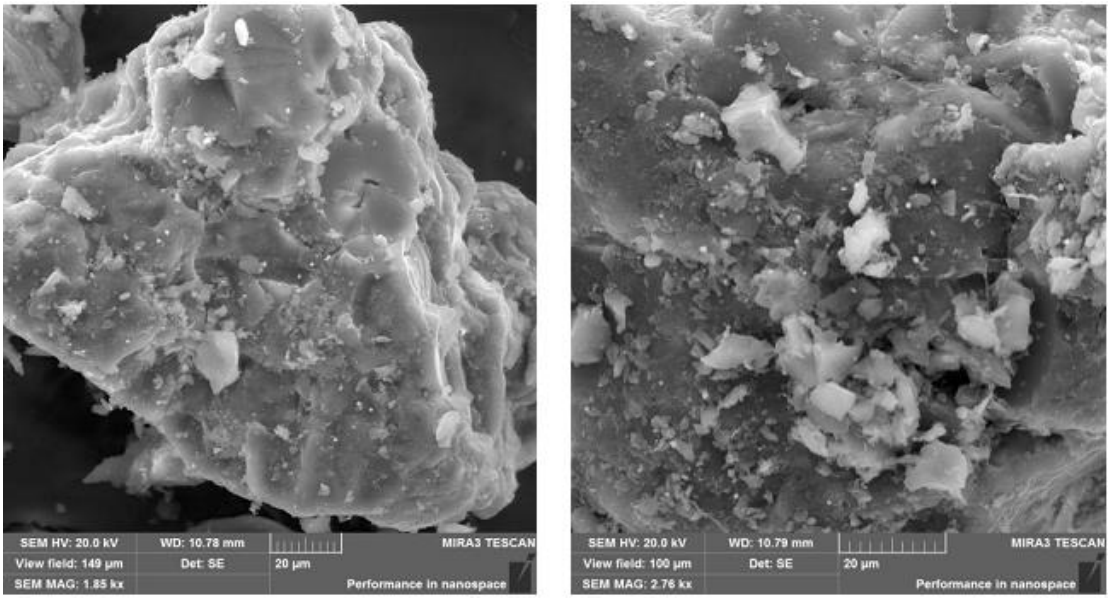
ЭГ өңдеу нәтижесінде алынған СЭМ бейнелерінен көмір бөлшектерінің айтарлықтай ұсақталғанын байқауға болады. Электримпульстік разряд әсерінен көмір құрылымы бойындағы әлсіз байланыстар үзіліп, бөлшектердің өлшемі біршама біркелкі және ұсақ болады. Бұған қоса, кавитация мен соққы толқындарының нәтижесінде пайда болған ұсақ жарықтар мен қабыршақты қабаттар да айқын көрінеді.

Бұл технология механикалық әдіске қарағанда электримпульстік әдіс арқылы көмірді тиімдірек ұсақтайтынын дәлелдейді.

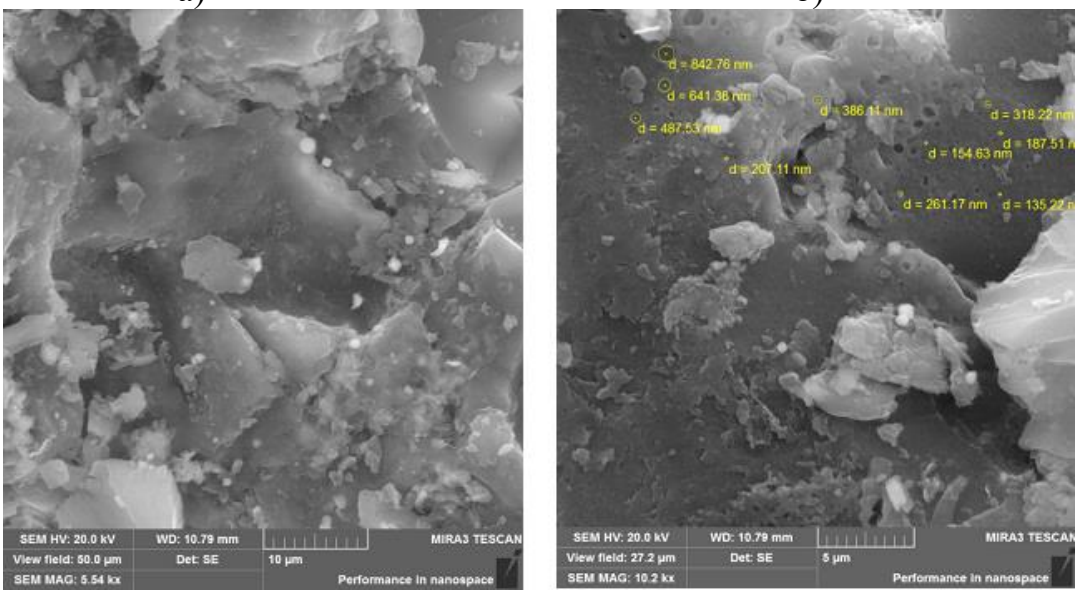


Сурет 3.12 - Механикалық жолмен өңделген Шұбаркөл көмір өндіру орталығынан алынған көмірдің электрондық микроскоптағы бейнесі

Шұбаркөл көмірі жоғары тығыздыққа ие болғандықтан, механикалық өңдеу кезінде көлемді әрі ірі бөлшектерге бөлінеді. Суреттегі бейнелерден бөлшектердің қатты және ірі бұрышты болып келетіні байқалады. Сонымен қатар, көмір бөлшектері арасындағы байланыс берік, бұл Шұбаркөл көмірінің құрылымдық тұрақтылығын білдіреді.



а) б)



в) г)

3.13 сурет - Электримпульстік әдіспен өңделген Шұбаркөл көмір өндіру орталығынан алынған көмірдің электрондық микроскоптағы бейнесі [117 Б.43]

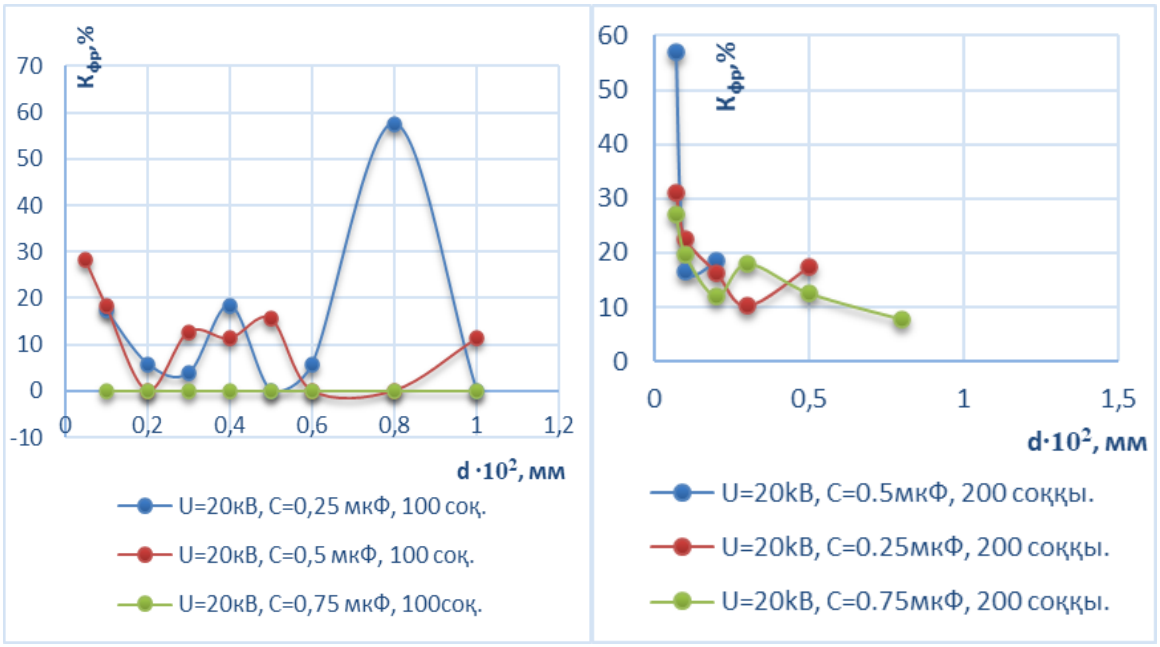
Бұл сурет көмірдің жоғары дисперсиялық деңгейде бөлшектенгенін көрсетеді. ЭГ әдісі кезінде пайда болатын гидравликалық соққы мен кавитация әсерінен көмір микробөлшектерге дейін ыдырайды. Сонымен қатар, беткі құрылымда микрожарықтар, қуыстар және қабаттық сынулар айқын байқалады. Бұл әсерлер көмірдің бетінің активтілігін арттырып, көмір-су суспензияларын дайындау кезінде маңызды рөл атқарады.

СЭМ микросуреттер нәтижесі көрсеткендей, электримпульстік әдіс көмірді ұсақ бөлшектерге бөлуде әлдеқайда тиімді, сонымен қатар оның беткі құрылымында микрожарықтар мен қабаттық үзілістер көбірек қалыптасады. Бұл әдіс көмірді одан әрі диспергирлеу, суспензиялау және жанғыштық қасиетін арттыру үшін өте қолайлы екенін көрсетеді.

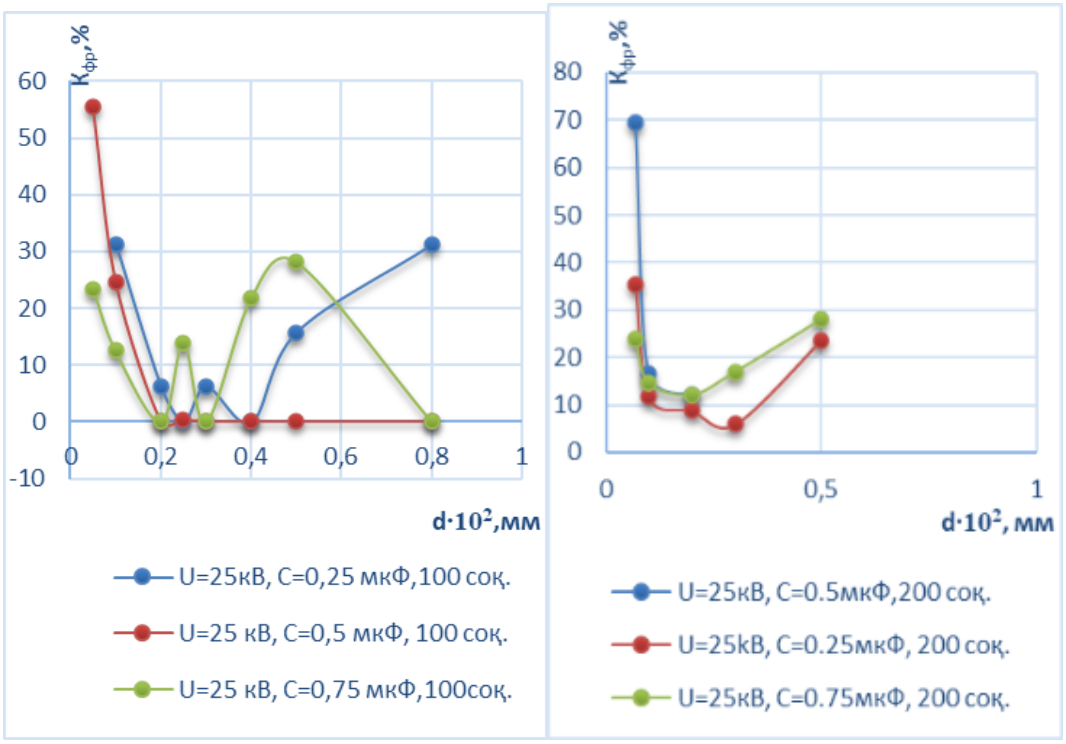
3.5 Электримпульстік соққы санының көмірдің бастапқы фракцияларының ұсақталу сипатына әсері

Өңдеуден кейін алынған үлгілерді кептіру және оларды әртүрлі мөлшердегі фракцияларға бөлу және бөлшектердің мөлшерін өлшеу елеу әдісімен жүргізілді. Електер пайдаланатын ұяшықтардың үлкендігі: 0.8, 0.5, 0.3, 0.2, 0.1, 0.05 құрады [118].

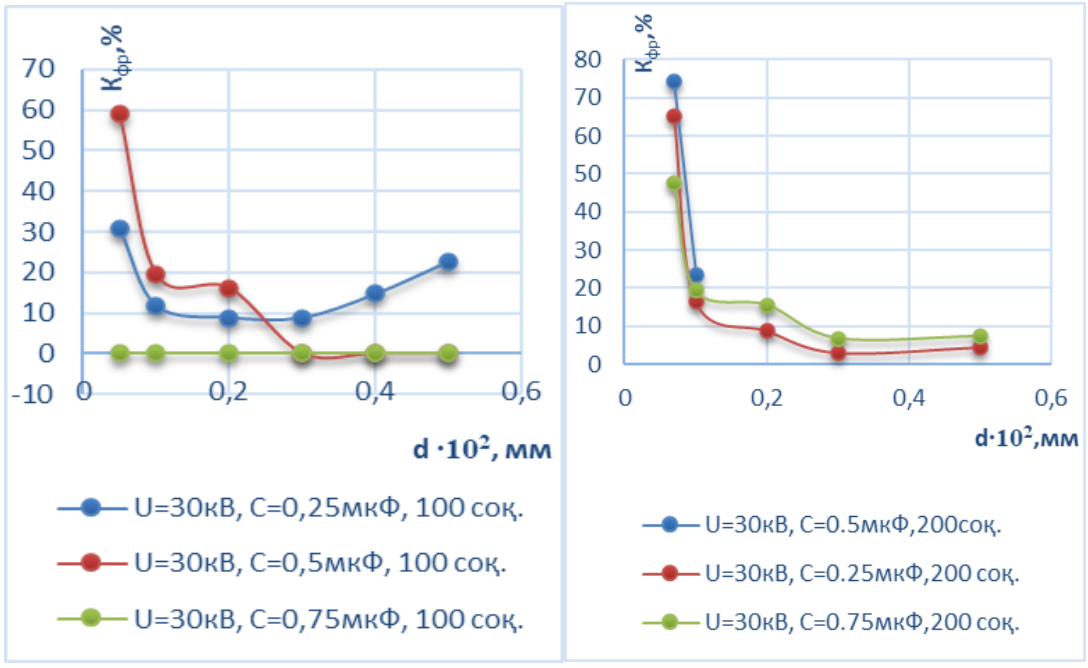
Бұл тәжірибелерде көмірді ұнтақтауда қанша соққы берілетіні, оны уақытпен де анықтауға болатындығы дәлелденді. Келесі 3.16 суреттерде әртүрлі кернеуді мәнде нақты соққылардың мәніндегі нәтижелер ұсынылды.



а) б)



в) г)



д) е)

3.14 сурет - Электримпульстік соққы санының көмірдің бастапқы фракцияларының ұсақталуына әсері [118 Б.124]

Электримпульстік әсермен өңдеудің бастапқы кезеңінде (3.14а, б суреттері) ұсақ фракциялардың саны аз екенін көруге болады, дегенмен жұмыс

кернеуінің жоғарылауымен 0,1 мм-ден аз болатын фракциялардың пайызы арта бастайды. Мұны ұсату құрылғысындағы жұмыс кернеуінің жоғарылауымен түсіндіруге болады және электримпульстік әсер ету энергиясы артады, сондықтан ұсақтау тиімділігі арта бастайды.

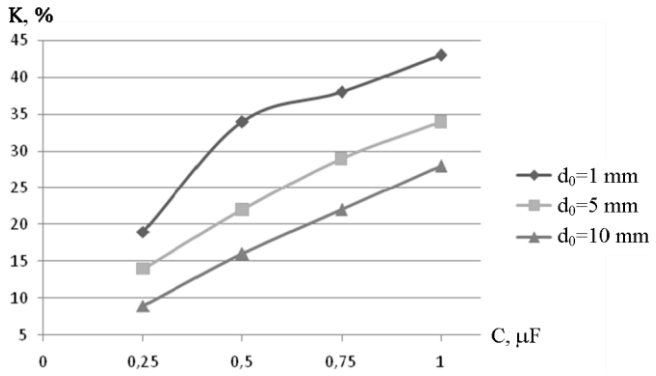
Өңдеудің келесі кезеңдерінде (3.14в, г) ұсақ және орташа фракциялардың саны айтарлықтай өскенін, ал 30 кВ кернеуде шағын фракциялар айтарлықтай үлесті құрайтынын көруге болады.

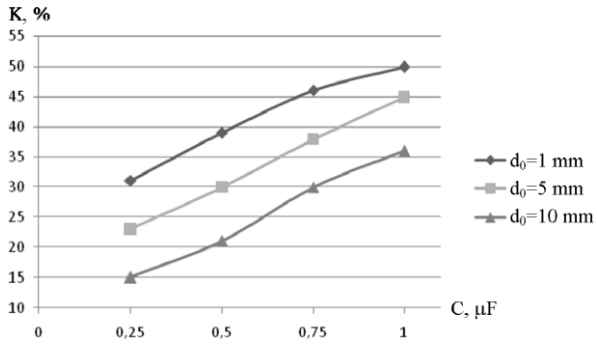
Өңдеудің соңғы кезеңдерінде (3.14д, е суреттері) өлшемі 0,1 -ден аз ұсақ фракция өңделетін сынаманың көп бөлігін құрайтынын көруге болады.

Алынған нәтижелерді талдай отырып, келесі қорытынды жасауға болады: ұсақ дисперсті фракциялардың пайыздық мөлшері (0,7 мм-ден аспайтын) максималды болатын оңтайлы параметрлер конденсаторлардың батарея сыйымдылығы 0,5 мкФ болған кезде 20-дан 30 кВ-қа дейінгі энергия жинақтағышындағы жұмыс кернеуінің мәні болып табылады. Су көмір қоспасын механикалық жолмен алудан айырмашылығы, онда көмір алдымен ұсақталады, содан кейін ғана сумен араласады. Біздің бұл әдісіміз көмірді ұсақтау және көмір суспензиясын дайындау процесін біріктіруге мүмкіндік береді, өйткені электримпульстік соққы сулы ортада жасалады.

3.6 Диаметрлері кішкентай көмірден электримпульстік әдіспен төменгі деңгейдегі ұнтақ алу әдісі

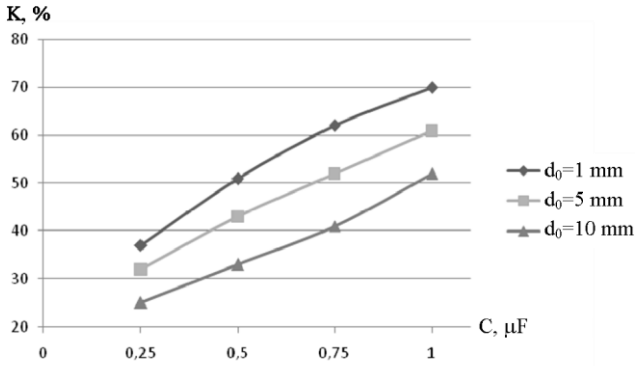
Осының алдындағы нәтижелер импульстар саны 200 дейін қарастырсақ, бұл зерттеулерде алдымызға көмір суспензиясындағы көмір фракцияларының диаметрлері $d_{фр}$ = 70 мкм алу жоспарланды. Жоғарыдағы нәтижелерді талдай келе біз бөлшектеуге түсетін фракциялардың орташа диаметрлерін d_0= 1 мм, 5 мм, 10 мм деп алдық.





.

a)*d* =70 μm;*l*=7mm;N= 600 b)*d* =70 μm;*l*= 9mm;*N*=600



c)*d*=70μm;*l*=11mm;*N*=600

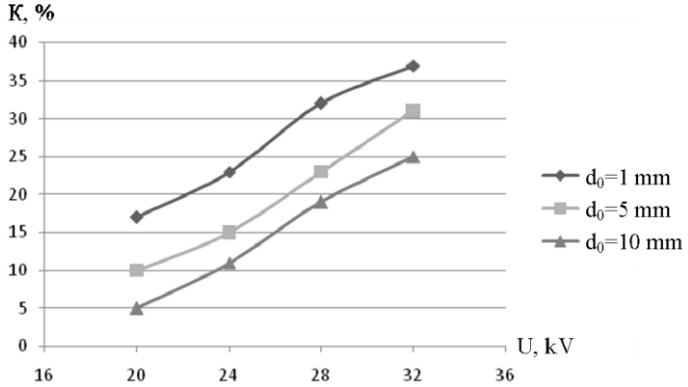
Сурет 3.15 Көмірді ұнтақтау дәрежесінің конденсатор батареясының сыйымдылығына тәуелділігі анықталды

Бұл нәтижелер қондырғының негізгі электрлік және геометриялық параметрлері конденсатор батареясының сыйымдылығы- 0,25 мкФ тан 1 мкФ дейін арттырып ЭГ режимді қатты процесстен жұмсақ режимға дейін апардық, импульстік разряд кернеуі — 20 кВ÷32 кВ (разряд аралық қашықтық 7 мм÷11 мм) дейін және импульстік разрядтар санын біз 300 соққыдан бастап 2000 соққыға дейін жеткіздік

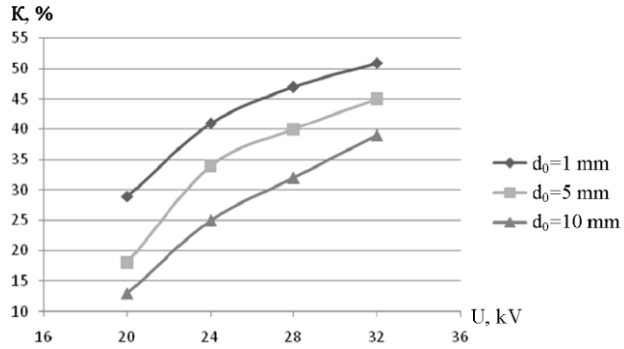
Көмірді ұнтақтау дәрежесінің конденсаторлық батарея сыйымдылығына тәуелділігінің нәтижелері разряд кернеуі мен разрядтар санының тұрақты мәндерінде (U = 24 кВ, N = 600), сондай-ақ электримпульстік қондырғының қалыптасу аралығы 7 мм-ден 11 мм-ге дейін ұлғайған кезде алынды.

Көмірді разряд кернеуіне байланысты ұнтақтау конденсатор батареясының сыйымдылығы c=0,5 мкФ мәнінде және разрядтар санынан разрядтар санының әртүрлі мәндерінде (N = 300÷600) жүзеге асырылды. Алынған нәтижелерден электрлік және геометриялық параметрлердің жоғарылауымен көмірді ұнтақтау дәрежесі артады. Орнатудың тиімді параметрлері ретінде келесі мәндер таңдалады: U = 24÷28 кВ, C = 0,5 мкФ, l = 9 мм, N = 600 [119].

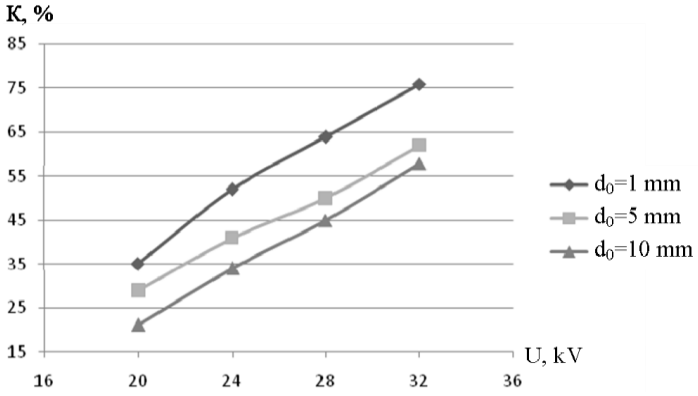
Келесі зерттеулер сұйық ортада импульстік разрядтан өту кезінде көмірді ұнтақтау процесінде қоршаған орта температурасының өзгеруін зерттеуге арналған.



a)*d* =70μm;*C*=0.5 μF;*N*=300



b) *d* =70 μm;*C*= 0.5 μF;*N*=600

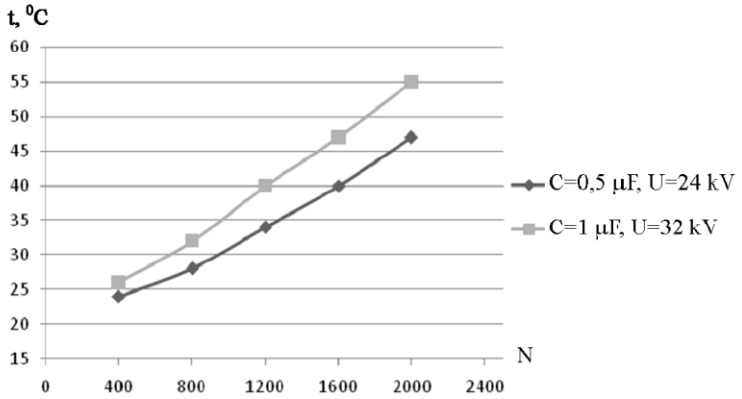


c)*d* =70 μm; *C*= 0.5μF;*N*=900

Сурет 3.16 - Көмірдіұнтақтаудәрежесінің разряд кернеуіне тәуелділігі[119 Б.81]

Дәстүрлі ұнтақтау әдістерінде көмірді ұнтақтауға дейін 70–85 ºС температураға дейін кептіреді. Механикалық диірмендерде ұсақтау барысында диірменнің ұсақтау элементтері мен қабырғалары арасындағы үйкеліс нәтижесінде жылу бөлінеді, бұл өз кезегінде кептірілген көмірдің температурасын шамамен 20 ºС-қа жоғарылатады. Осылайша, алдын ала салқындатылған шикі көмірдің температурасы қайтадан рұқсат етілген деңгейге – шамамен 60 ºС-қа дейін көтеріледі.

Ұсақталған бөлшектерді осы 60 ºС деңгейінен төмен температураға дейін салқындату үшін салқындатқыш ауа қолданылады. Бұл ауа кептірілген, өңделмеген көмірге қарағанда төмен температурада болады және ұнтақтау диірмені арқылы ағын түрінде өткізіледі [120].



Сурет 3.17 Жұмысұяшығындағыылғалдыкөміртемпературасының разряд импульстарыныңсанынатәуелділігі

Импульстік разрядтар саны көмірді электримпульстік әдіспен ұсақтау кезінде шикізат температурасы өзгерген жағдайда 400-ден 2000-ге дейін артты (Сурет 3.1). Алынған нәтижелерге сәйкес, импульстік разрядтар саны 400-ден 2000-ге дейін өскен кезде көмірсутек отынының максималды температурасы 55 ºС деңгейінде қалды. Бұл, өз кезегінде, көмірді электримпульстік әдіспен ұсақтау қосымша салқындатуды қажет етпейтінін көрсетеді, өйткені процесс сұйық ортада жүзеге асады [119, Б.82].

3.7 Бөлім бойынша қорытынды

Алынған нәтижелер мен жүргізілген жұмыстардың шарттарын талдау көмірді ұнтақтау қарқындылығын арттыру бойынша техникалық ұсыныстарды әзірлеуге ықпал етті.

1) Фракция диаметрі 250 мкм болатын көмір ұнтағын алудың оңтайлы параметрлері анықталды: N=1000, C=0.8 μF, U=30 kV, W=640 J.

2) Кузнецк көмірінің бөлшектері негізінен ірі фракцияда (250 мкм және одан жоғары) шоғырланса, Шұбаркөл көмірінің бөлшектері салыстырмалы түрде ұсақтау, алайда бөлшектердің таралуы әлі де кең диапазонда қалып отыр. Бұл механикалық әдістің көмірдің қаттылығы мен құрылымына тәуелділігін көрсетеді.

3) ЭГ (электримпульстік) бөлшектеуден кейінгі нәтижелер көмір фракцияларының айтарлықтай ұсақталып, біркелкі таралғанын көрсетеді. Мұнда Шұбаркөл көмірінің бөлшектері 100–200 мкм аралығында жоғары үлеспен орналасқан. Ал Кузнецк көмірінің бөлшектері де салыстырмалы түрде ұсақталып, 150–250 мкм диапазонында көбірек шоғырланған.

Салыстыру нәтижесінде, электримпульстік бөлшектеу көмір бөлшектерінің ұсақтығы мен біркелкілігін қамтамасыз ететін тиімді әдіс екенін байқауға болады. Сонымен қатар, бұл әдіс механикалық күшті қолданбай, энергияны

соққы толқындары арқылы таратып, көмірдің құрылымын жоюда жоғары тиімділік көрсетеді.

4) ЭГ өңдеу нәтижесінде алынған СЭМ бейнелерінен көмір бөлшектерінің айтарлықтай ұсақталғанын байқауға болады. Электримпульстік разряд әсерінен көмір құрылымы бойындағы әлсіз байланыстар үзіліп, бөлшектердің өлшемі біршама біркелкі және ұсақ болады. Бұған қоса, кавитация мен соққы толқындарының нәтижесінде пайда болған ұсақ жарықтар мен қабыршақты қабаттар да айқын көрінеді. Бұл технология механикалық әдіске қарағанда электримпульстік әдіс арқылы көмірді тиімдірек ұсақтайтынын дәлелдейді.

5)ЭГ әдісі кезінде пайда болатын гидравликалық соққы мен кавитация әсерінен көмір микробөлшектерге дейін ыдырайды. Сонымен қатар, беткі құрылымда микрожарықтар, қуыстар және қабаттық сынулар айқын байқалады. Бұл әсерлер көмірдің бетінің активтілігін арттырып, көмір-су суспензияларын дайындау кезінде маңызды рөл атқарады.

6) СЭМ микросуреттер нәтижесі көрсеткендей, электримпульстік әдіс көмірді ұсақ бөлшектерге бөлуде әлдеқайда тиімді, сонымен қатар оның беткі құрылымында микрожарықтар мен қабаттық үзілістер көбірек қалыптасады. Бұл әдіс көмірді одан әрі диспергирлеу, суспензиялау және жанғыштық қасиетін арттыру үшін өте қолайлы екенін көрсетеді.

7) Ұнтақтау құрылғысындағы оң электродының ұшы оқшаудан 20 мм шығыңқы болғанда және оқшау диаметрі мен электрод диаметрі D=2.5×d арақатынасында болғанда электродтың тиімді нұсқасы ұсынылды. Сонымен қатар, жұмыс ұяшығының теріс электродының қызметін атқарушы – металл цилиндрдің ішкі беті ойық жартылай сфералық пішінді болғанда материалды ұнтақтау дәрежесінің қарқындылығы шамамен 1,5 есеге артты;

8) Көмір-су отыны үшін қажетті шикізат разряд кернеуі 28 кВ және импульсті разрядтардың саны 600 разрядта алынды. импульстік разрядтардың санын 400-ден 2000-ға дейін арттыра отырып, сулы-көмірді майдалағанда орта температурасының ең жоғары шегі 55 ºС -ге жететіндігі анықталып, қосымша салқындату жұмыстарын жүргізу қажеттілігі туындамайтындығын көрсетті;

4 КӨМІР-СУ ОТЫНДЫ ОТЫНДЫ ЖАҒУДЫҢ КЕЙБІР ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

4.1 Сулы-көмірлі отынды үрдісін компьютерлік бағдарламаны пайдаланып, сандық моделдеу

Техникалық құрылғыларда тәжірибелік нәтижелер математикалық модельдеу процесінен күрделі, сондықтан модельдеу процесі арқылы зерттеу де, қызық туындатады [110].

Көмір-су отынын (КСО) жағу процесін сандық модельдеу «ANSYS Fluent» бағдарламалық пакетінде жүргізілді. Ол көпкомпонентті ортада массаны, энергияны және импульсті сақтау және Навье-Стокс теңдеулерінің шешімі, үздіксіздік және жылу беру заңдары негізінде құрылған. Қоспаның жануы реакция жылдамдығына байланысты және ламинарлық режимде және турбулентті режимде орын алуы мүмкін. КСО жану процесі, ол турбулентті жану режимі. Химиялық реакциялар мен турбуленттілік өзара әсер етеді, соның нәтижесінде жалын ағынды жылдамдату және тұтқырлықты өзгерту арқылы турбуленттілікті арттыра алады, ал турбуленттілік өз кезегінде жалынның құрылымын өзгертіп, араласу мен реакция қарқынын күшейтеді. КСО жану процесі — көміртек тамшылары мен көміртек бөлшектерден тұратын қоспаның жануы. Мұндай қоспаның жануын сипаттау үшін Эйлер мен Лагранждың тәсілі қолданылады. Бұл тәсіл бойынша эйлерлік құрам газ тәрізді ортадағы қозғалыс, жылу беру және жану теңдеулеріне жауап береді, ал Лагранж тәсілі бір бөлшектердің қозғалысы мен жылуы мен массасының берілуін сипаттауға жауап береді. Ал газдың турбуленттігін ескеру үшін турбуленттіліктің екі параметрлік моделі «*к-е*» қолданылады, ол да жекелеген бөлшектердің әсеріне ескереді.

КСО жануын сипаттаудың математикалық моделі үш фазадан тұрады. Бірінші фаза — газ фазасы, ол келесі теңдеулермен сипатталады:

1) Үзіліссіздік теңдеуі

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial (pU_i)}{\partial x_i} = J_{evap} + J_{vap} + J_{chap} \tag{4.1}$$

2) Газ компоненттерінің массалық балансының теңдеулері

$$\frac{\partial \rho C_{N_2}}{\partial t} + \frac{\partial \rho C_{N_2} U_i}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i}\left(\frac{\mu_i}{Sc_i}\frac{\partial C_{N_i}}{\partial x_i}\right) \tag{4.2}$$

3) Газ құрауыштары массасының өзгеру теңдеулері

$$\frac{\partial \rho C_{O_2}}{\partial t} + \frac{\partial \rho C_{O_2} U_i}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i}\left(\frac{\mu_i}{Sc_i}\frac{\partial C_{O_2}}{\partial x_i}\right) - \beta_{vol} J_{vol} - \beta_{CO} J_{CO} - J_{chap}^{O_2}$$

$$\frac{\partial \rho C_{vol}}{\partial t} + \frac{\partial \rho C_{vol} U_i}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i}\left(\frac{\mu_i}{Sc_i}\frac{\partial C_{vol}}{\partial x_i}\right) + \alpha_{vap} J_{vap} - J_{vol}$$

$$\frac{\partial \rho C_{CO}}{\partial t} + \frac{\partial \rho C_{CO} U_i}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i}\left(\frac{\mu_i}{Sc_i}\frac{\partial C_{CO}}{\partial x_i}\right) + J_{chap}^{CO} - J_{CO} \quad (4.3)$$

$$\frac{\partial \rho C_{H_2O}}{\partial t} + \frac{\partial \rho C_{H_2O} U_i}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i}\left(\frac{\mu_i}{Sc_i}\frac{\partial C_{H_2O}}{\partial x_i}\right) + J_{evap}$$

4) Қозғалыс теңдеулері

$$\frac{\partial \rho U_j}{\partial t} + \frac{\partial \rho U_j U_i}{\partial x_i} = -\frac{\partial p}{\partial x_j} + \rho g_j + F_j + \frac{\partial}{\partial x_i}\left[(\mu + \mu_T)\left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i}\right) - \frac{2}{3}\delta_{ij}\left[\rho k + (\mu + \mu_T)\frac{\partial U_k}{\partial x_k}\right]\right] \quad (4.4)$$

Мұндағы $j = 1, 2, 3$

5) Энергия теңдеуі

$$\frac{\partial \rho T}{\partial t} + \frac{\partial \rho U_i c T}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i}\left(\left[\frac{\mu}{Pr} + \frac{\mu_T}{Pr_T}\right] c \frac{\partial T}{\partial x_i}\right] + Q_{vol} J_{vol} + Q_{CO} J_{CO} - \frac{\partial q_i^{rad}}{\partial x_i} + \Theta \quad (4.5)$$

6) Күй теңдеуі

$$\rho = \frac{p}{R_0 T\left[\frac{C_{O_2}}{M_{O_2}} + \frac{C_{N_2}}{M_{N_2}} + \frac{C_{vol}}{M_{vol}} + \frac{C_{CO}}{M_{CO}} + \frac{C_{CO_2}}{M_{CO_2}} + \frac{C_{H_2O}}{M_{H_2O}}\right]} \quad (4.6)$$

мұндағы U_i- газ жылдамдығы векторының компонентері, T, p — газдың температурасы мен қысымы, ρ, α газдың келтірілген тығыздығы мен көлемдік үлесі; $J_{evap}, J_{vap}, J_{chap}$ − ылғалдың булану жылдамдығы, кокс шламының жануы мен оның ұшпалығы, μ, μ_i − газдың молекулалық және турбулентті тұтқырлығы, F_j, Θ −күш компоненттері мен фазааралық әсерлесудегі жылуалмасу, $J_{vol}, J_{CO}, Q_{vol}, Q_{CO}$ −ұшпа және көміртек монооксидінің газ фазалық жануының қарқындылығы мен жылулық әсері.

Екіншісі — дисперсті фаза. Ол бөлшектердің қозғалыстарын сипаттайды. Лагранждық тәсіл бойынша КСО бөлшектерінің бүкіл спектрін әр түрлі фракцияларға бөлуге болады, олардың қозғалыс сипаты бір маркер бөлшектерімен анықталып, өзіне ұқсас бөлшектерге ауысады. Бөлшектердің қозғалыс сипаты мынадай теңдеулер арқылы сипатталады:

1) i – тобындағы бөлшектердің қозғалыс теңдеуі

$$\frac{dU_j^i}{dt} = \gamma_i\left(U_j - U_j^i\right) + g_j \quad (4.7)$$

Мұндағы $j = 1, 2, 3;\ \gamma_i = \frac{3c_{D_i}|\overrightarrow{W} - \overrightarrow{W^i}|}{4d_i\rho_p\alpha_g}$ және

$$c_{D_i} = \begin{cases} \frac{24}{Re_i}(1 + 0.15Re_i^{0,687} & Re_i \le 1000 \\ 0.44 & Re_i > 1000 \end{cases}$$

$$Re_i = \frac{\rho|\overrightarrow{W} - \overrightarrow{W^i}|d_i}{\mu} \quad (4.8)$$

U_j^i – бөлшектердің жылдамдық компоненттері, ρ_p – бөлшектердің тығыздығы,d_i – і-топ бөлшектерінің диаметрі.

2) Бөлшектердің жылулық және массалық ауысуы мен жану теңдеулері

$$\frac{dm_i}{dt} = -M_i^{evap} - M_i^{vap} - M_i^{char} \quad (4.9)$$

$$m_i c_p \frac{dT_i}{dt} = Q_{char}M_i^{char} + \pi d_i^2\left[\alpha_{conv}(T - T_i) + \varepsilon_p(H - 4\sigma T_i^4)\right] - Q_{vap}M_i^{vap} - L_{vap}M_i^{evap} \quad (4.10)$$

Мұндағы m_i –бір бөлшектің массасы, c_p – бөлшектің жылусыйымдылығы Q_{char} – калорийность ЧЧЧ, Q_{vap} – ұшпа газдарының шығуына қажетті жылу, L_{vap} – бу түзілудің жасырын жылуы, степень черноты частиц, α_{conv} –жалғыз бөлшектің конвективті жылу беру коэффициенті.

Тамшының массалық булану коэффициенті: $M_I^{evap} = \pi d_I^2 k_c\left[(\rho C_{H_2O})_{surf} - (\rho C_{H_2O})\right]$,

мұндағы $k_c = \frac{D_{H_2O}}{d_I}\left(2 + 0.6Re_I^{0.5}Sc^{0.33}\right)$ –массаалмасу коэффициенті, D_{H_2O} –будың диффузия коэффициенті, $(\rho C_{H_2O})_{surf}$ –тамшының немесе бөлшектердің бетіндегі будың тығыздығы мен концентрациясы.

Газ ұшпалардың массалық жылдамдықтары (Аррениус заңы):

$x = k_{vap}exp[-{E_{vap}}/{R_0T_i}] \cdot f_{vo} \cdot m_{oi}$,

мұндағы m_{oi} – құрғақ бөлшектің бастапқы массасы, f_{vo} –құрғақ көмірдегі ұшпа газдың массалық үлесі, E_{vap} – белсендіру энергиясы.

Кокс қалдығының жану жылдамдығы келесі теңдеумен сипатталады:

$$M_I^{char} = \pi d_{pi}^2 \rho C_{O_2} \frac{K_k K_D}{K_k + K_D} \quad (4.11)$$

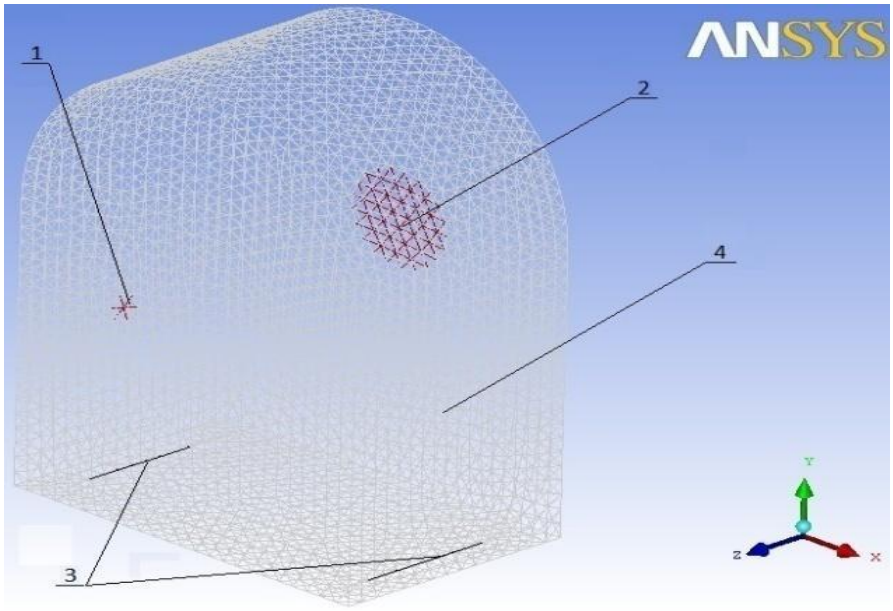
$$K_k = k_{char} exp[-{}^{E_{char}}/_{R_0 T_i}] \quad (4.12)$$

мұндағыK_D келесі өрнекпен сипатталады

$$K_D = \frac{D_{O_2}}{dp_i}(2.0 + 0.16 Re_i^{0.667}) \quad (4.13)$$

Ал соңғы фаза-дисперсті фазаның газ фазасына әсері. Бөлшектердің газ фазасына әсерін есепке алу үшін бақылау көлемі әдісі қолданылады. Ол үшін бүкіл есептік аймақ элементтердің шектеулі санына бөлінеді, олардың ішінде қажетті функциялардың мәндерін біртекті деп санауға болады. Әрбір осындай элемент үшін меншікті мәндер ескеріледі$J_{evap}, J_{vap}, J_{chap}$, F_j, Θ.

ANSYS Fluent пакетті кешенінде есептеу. ANSYS Fluent пакетті кешенінде КСО параметрлерін есептеу үшін бірінші жұмыс ретінде CAD бағдарламаларының құралдарымен құйынды оттық моделі құрылады. Содан кейін Fluent бағдарламасымен болып табылатын, Gambit пакетінің көмегімен алынған модель негізінде шеткі-айырымды тор салынады 4.1-сурет). Берілген модель өзіне келесілерді қосады: форсунканы (1), шығыс саңылауын (2), төменгі үрлеу жүйесін (3), қазандық оттығын (4). Шеткі-айырымды тор 300000 ұяшық санына тең, бірдей өлшемде бүкіл көлем бойымен таралуымен тетраэдралық элементтер негізінде құрылады [111].



1-форсунка, 2-шығыс саңылауы, 3- төменгі үрлеу жүйесі, 4- қазандық оттығы

Сурет 4.1 - Шеткі-айырымды тор

ANSYS Fluent-те үшөлшемді есептің қойылымы беріледі және Рейнольдс бойынша орташаланған энергия мен Навье-Стокс теңдеулері шешіледі. Турбуленттілікті есептеу үшін екіпараметрлі «k-ε» модель таңдап алынады.

Теңдеудің конвективті мүшелері үшін кеңістік бойынша дәлдіктің 2-ретті айқын емес сүлбесінің есебімен теңдеудің шешімі орындалады. Ауаның жылуфизикалық қасиеті температурадан полиномиалды тәуелділігі бойынша есептеледі. Шашыратылған сулы-көмірлі отынның жануын модельдеу үшін құйынның ыдырау моделі (Eddy-Dissipation Model) қолданылды, ал тамшының инжекция параметрлері оттыққа «Discrete Phase Model» функциясын пайдалану арқылы беріледі.

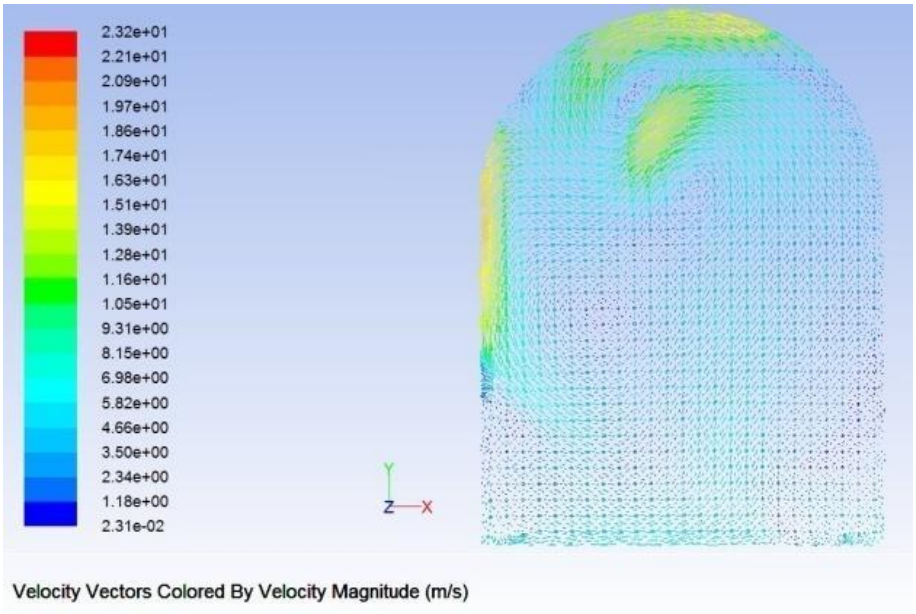
Сандық модельдеуді әмбебаптандыру үшін келесілер берілді:

1) Бастапқы мәндер – оттықтың жылулық қуаты – 0,3 Гкал/сағ; форсунка арқылы КСО шығыны – 200-300 кг/сағ; қатты фазаның массалық үлесі – 42-58 %; КСО – ғы көмірдің күлділігі – 7%; бөлшектің ірілігі – 0-100 мкм; отынның бөлшектерінің жылдамдығы – 30-60 м/с; сығылған ауаның қысымы – 0,2-0,5 МПа; үрленген ауаның қысымы – 0,001-0,002 МПа; артық ауа коэффициенті – 1,1-1,4.

2) Форсунка арқылы ауаның берілуінде шекаралық шарттар: газдың жылдамдығы – 50 м/с; температура –300 К; турбулентті энергия – 0,1 к; энергия диссипациясының жылдамдығы – 0,1 Е.

3) Төменгі үрлеу жүйесі арқылы ауаның берілуінде шекаралық шарттар: саңылау ені – 3мм; газдың жылдамдығы – 30 м/с; температура – 300 К; турбулентті энергия – 0,1 к; энергия диссипациясының жылдамдығы – 0,1 Е.

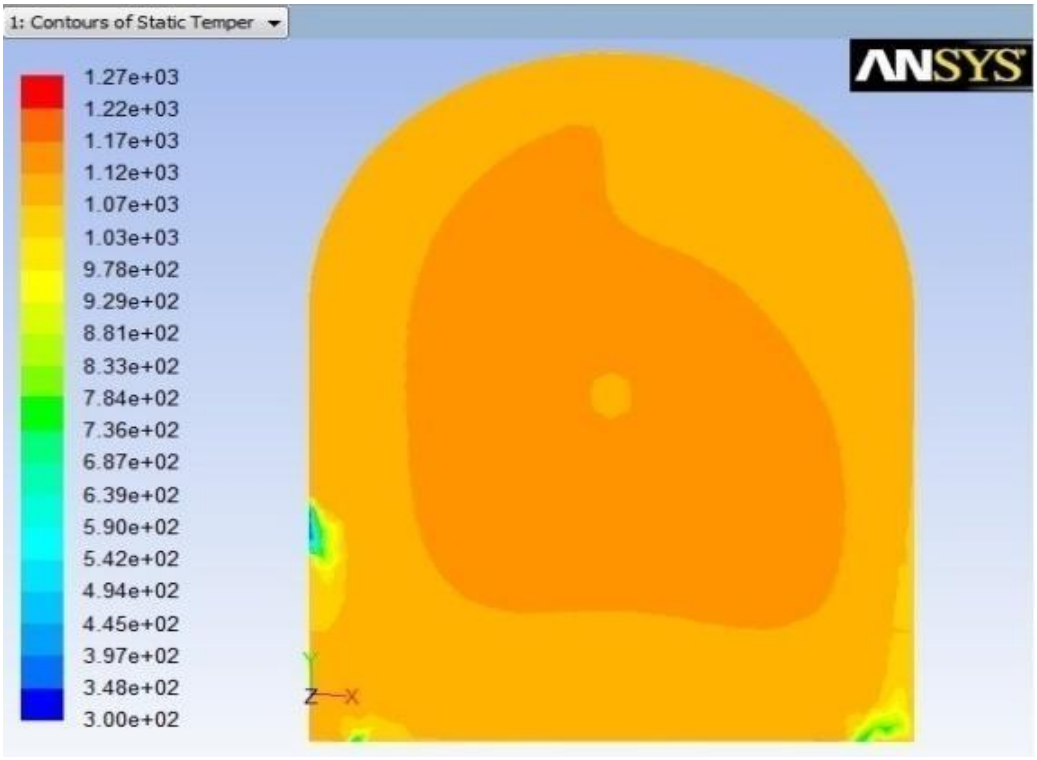
Сандық модельдеу барысында жылдамдық векторларының таралу өрісінің (4.2-сурет) және отттықтың көлемі бойынша температура таралу контурының (4.3-сурет) кескіні алынды.



Сурет 4.2 - Оттықтағы жылдамдық векторларының таралу өрісі

2.15- суретте көрініп тұрғандай, оттықтың жоғарғы аймақтарында және форсункадан сол шетінде жоғары жылдамдықтағы аймақ түзіледі. Сонымен қатар байқауға болады, форсунка арқылы отынның берілуі кезінде ол төменгі үрлеу жүйесі арқылы түсетін, ауа ағынымен ілеседі, және айналдырады, оттықтың жоғарғы шекарасына жетуінің әсерінен жылдамдық артады.

4.2-суретте көрініп тұрғандай, ең миинималды температура форсунка болған аймақта болады, ал ең үлкені оттықтың орталығында болады. Сондай-ақ, оң жақтағы төменгі бұрышта және сол жақта басқаларға қарағанда температурасы төмен екі аймақ бар екенін көруге болады. Бұл келесідей түсіндіріледі, яғни онда ауа берілетін және оның бастапқы температурасы аз болатын, оттықта екі саңылау орналасқан [112].



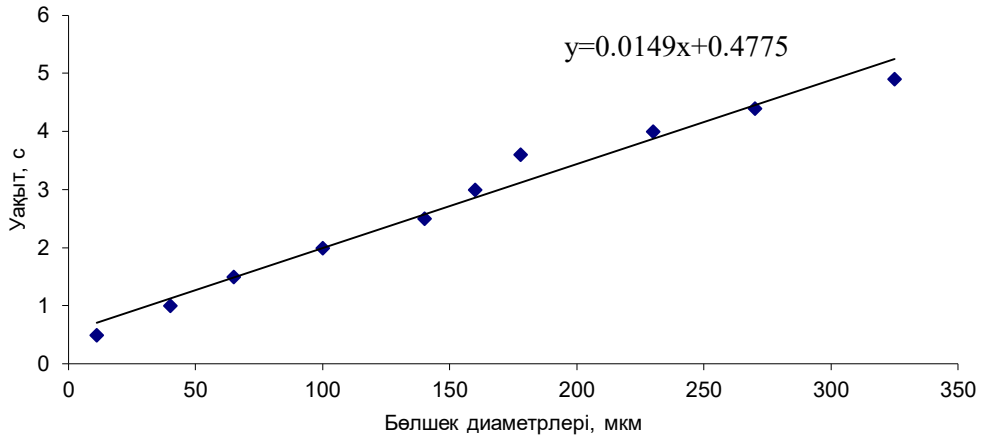
Сурет 4.3– Оттық көлемінде температура таралу контуры

4.3-суретте оттықтың жану камерасындағы бөлшектердің болуы уақытының оның диаметрінен тәуелділігі келтірілген. Көрініп тұрғандай, диаметр үлкен болған сайын, соншалықты бөлшектер жанатын болады, сонымен қатар алдыңғы суреттерден қорытынды жасауға болады, яғни жану камерасына бөлшектер түсе отырып, спираль тәрізді траектория бойымен қозғалатын болады.

Сандық эксперименттің деректері сызықтық тәуелділікпен жақсы жуықталған: $t = 0.0149d + 0.4775$

Құйынды оттық құрылғысының арқасында ол жанып жатқан бөлшектерді от жағу кеңістігінде ұстау уақытын арттыруға көмектеседі, бұл күл қалдықтары мен ұшпа заттардың азаюына пайдалы әсер етеді. Пештің температуралық режимін

мұқият талдау кезінде біз ВУТ -ң оңтайлы жану температурасы 700-1200°С екенін түсіндік.



Сурет 4.4 --Қазандық оттығындағы қоспа бөлшектердің сақталу уақыты.

Құйынды оттыққа ұзақ уақыт отын беру кезінде біз температура 1143°С-қа жетіп, тоқтайтынын анықтадық. Бұл жану процесін бірқалыпты жағдайға алып келеді.

Көмір қалдықтарынан электримпульстік өңдеумен алынған, сулы-көмірлі отынды бүрку үшін сығылған ауа қолданылады. Отынды бүрку үшін және тұтандыру үшін қажетті жағдайды жасау кезінде 300-500°С дейін қыздырылған бірінші ретті ауа қызмет етеді. Оттыққа енгізілетін ауа мөлшері 20 % құрайды.

*SOLIDWORKS бағдарламалық пакетінде есептеу.*Мұнда келесідей шекаралық шарттарды қабылдадық:

Сорғы арқылы ауаның берілуінде: температура – 300 К, саңылау ені – 4 мм, газдың жылдамдығы – 50м/с.

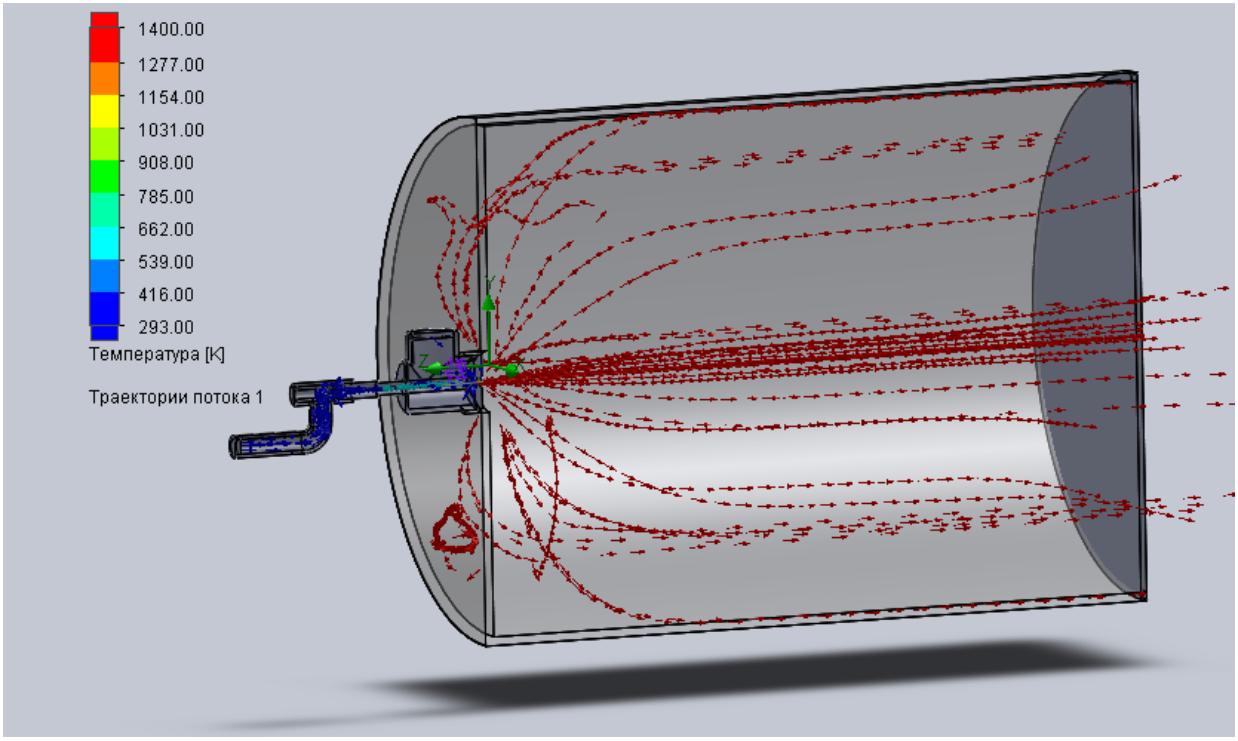
Үрлеу арнасы арқылы ауаның берілуінде: газдың жылдамдығы – 25 м/с, температура – 300 К, турбулентті энергия – 0,1к.

Қалған сандық параметрлер жақын ұяшық бойынша анықталды.

Көмір бөлшектерінің және сулы-көмірлі отын тамшыларының қозғалысын теориялық есептеу үшін дискретті фаза моделі қолданылды, ол дискретті және үзіліссіз фазаның өзара әрекеттесуінің лагранж формуласына негізделген.

SOLIDWORKS бағдарламалық пакетінде орындалған есептеулер оттықтың әртүрлі қимасындағы температураны және жылдамдықтың таралуын, сонымен қатар құйынды оттықта отын бөлшектерінің қозғалыс траекториясын алуға мүмкіндік береді.

4.4-суретте Flow simulation бағдарлама көмегімен алынған нәтижеде сулы-көмірлі отын тамшысында сұйық фазаның булануының массалық жылдамдықтағы температуралық өрісі көрсетілген.



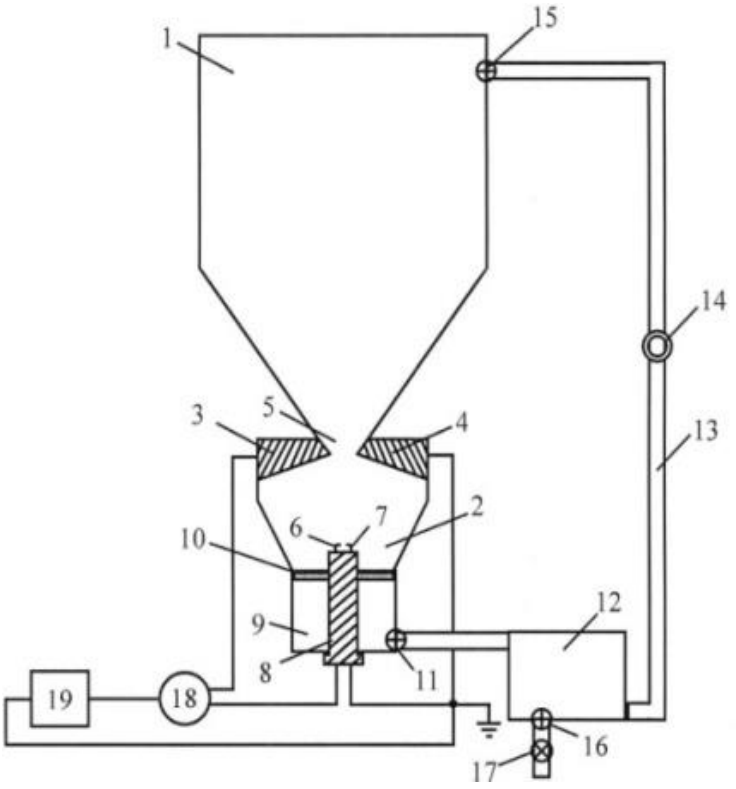
Сурет 4.5 - Форсунка жазықтығындағы температура өрісінің бейнесі

Судың булану үдерісінде көмір қалдықтарынан электримпульстік өңдеумен алынған, сулы-көмірлі отынның тамшыларының қатты фазасының температурасының жоғарылауы есебінен үдерістің тұрақтылығы едәуір уақыт ішінде сақталады.

Осының барысында, отынның жану үдерісін компьютерлік модельдеу көмір қалдықтарынан электримпульстік өңдеумен алынған, сулы-көмірлі отынды жағудың және жану үдерісінің оңтайлы тәртібін анықтауға мүмкіндік береді және осы алынған мәліметтер жоғары ПӘК -ке ие ошақ құрылғыларын құрастыруды жобалау кезінде пайдалы болуы мүмкін [113-116].

4.2 Көмір-су отынын үздіксіз дайындауға арналған зертханалық құрылғы

Бұл құрылғыда ұнтақтаудың екі сатысы қолданылады, алдымен негізгі корпуста, қосымша электродтар түріндегі кіріктірілген корпуста орнатылған конусты шағылдырғыштардың арқасында үлкен фракциялар диаметрлері 10-нан 20 мм-ге дейінгі кесек фракцияларға дейін ұсақталады. Ал екінші кезеңде қосымша электродтардан өткен кесектер електің диаметріне сәйкес ұсақ фракцияларға дейін ұнтақталады. Кесектерді интенсивті ұнтақтау үшін ішкі қуыс шағылыстырғыш функциясын орындайды. 4.6-суретте құрылғының жалпы схемасы көрсетілген.



Сурет 4.6 –Материалдарды ұсақтауға арналған электрогидроимпульс құрылғының жұмыс арнасы [121]: 1-негізгі корпус; 2-кіріктірілген корпус; 3, 4 − қосымшаоңжәнетерісэлектродтар; 5-Орталық конус тәріздітесік; 6, 7-жұмыс істейтіноңжәнетерісэлектродтар; 8-изолятор; 9-камера; 10-Елек; 11-келте құбыр; 12 - тиеубункеріниңсүзгісі; 13-құбыр; 14-сорғы; 15, 16 − келтеқұбырлар; 17-жапқыш; 18-айдау дистрибьюторы; 19-жоғары вольтты энергия сақтағыш

Бұл құрылғының негізгі корпусы бастапқы материал мен сұйықтықты жеткізуге арналған. Кіріктірілген корпустың түбінен жіптің көмегімен алынбалы елеуішпен дайын өнімді жинауға арналған камера орнатылады (тәжірибе кезінде біз оны басқа өлшемдерге де ауыстырдық). Оң жұмыс істейтін электродтар разрядтық дистрибьюторға қосылған және жоғары вольтты энергия қоймасына қосылған. Теріс жұмыс істейтін электродтар жерге тұйықталған.

Корпуста құбыр арқылы сорғыға қосылған тиеу бункерінің сүзгісіне қосылған ұсақ ұнтақталған материалды алуға арналған құбыр бар. Тиеу бункерінің сүзгісі қақпағы бар соңғы өнімді шығаруға арналған құбырмен жабдықталған.

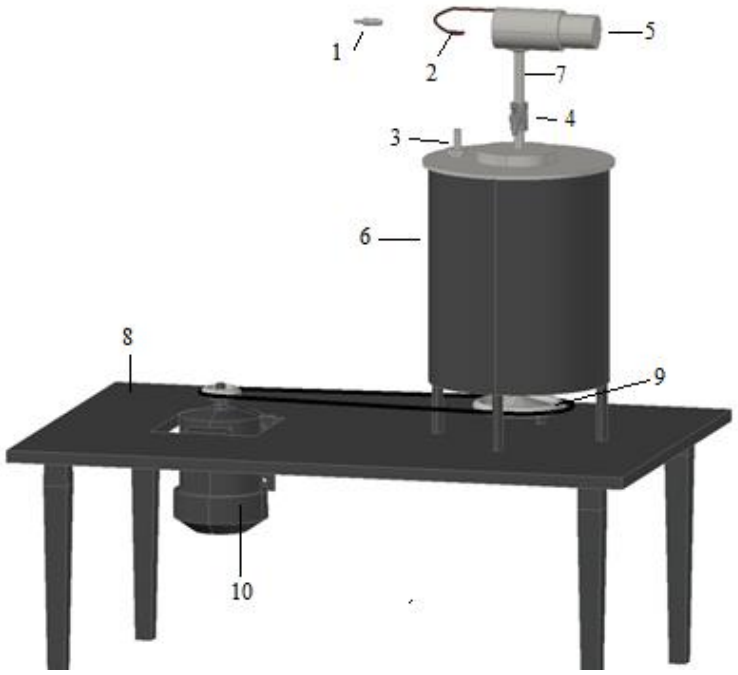
Құрылғы жұмыс істеп тұрған кезде ұнтақталған материал негізгі корпусқа техникалық сумен жеткізіліп, жоғары вольтты қосымша электродтар арасындағы жұмыс сұйықтығындағы электр разрядтарымен бірге жүретін Жоғары кернеулі импульстарды беретін импульстік генератор блогы қосылды. Корпуста орналасқан үлкен фракцияның материалдары сұйықтықтағы су астындағы ұшқын разряды кезінде пайда болған қуатты импульстік электр разрядына ұшырады. Сонымен, орталық конус тәрізді тесіктің саңылауы үлкен кесектермен

бітелмеген, қажетті фракцияға дейін ыдырау және ұсақтау процесі алдын-ала жүргізілген, содан кейін материал кіріктірілген корпустың ұсақтау аймағына енген.

Оқшаулағышқа орнатылған жұмыс электродтарын қолдана отырып, кіріктірілген корпуста материалдар алынғаннан кейін ұнтақтаудың екінші кезеңі аяқталды. Соққы толқыны технологиялық суда барлық бағытта бұзылған жерлерден таралып, материалды ұсақтай бастады. Ұнтақтаудың екінші кезеңінде қосымша электродтардың төменгі бөлігі конустық рефлекторлар қызметін атқарды, кіріктірілген корпустағы ұнтақтау процесі ұсақ ұнтақталған материалды алу үшін күшейе түсті. Жіңішке ұсақталған материалдар електен өтіп, камераға кірді, ал ұсақталған материал сорғының әсерінен технологиялық сумен араласып, біз ұсақталған өнімді қабылдау үшін пайдаланған тиеу бункерінің сүзгісіне берілді. Жұмыс сұйықтығын ағызу негізгі корпусқа тазартылған жұмыс сұйықтығын ағызу үшін негізгі құбырға және сорғыға қосылған құбыр арқылы келді. Қондырғының жұмысы біркелкі жұмыс істеуге мүмкіндік береді және материалды қарқынды ұнтақтау айналымын қамтамасыз етеді.

4.3 Отынды жағудың технологиялық сүлбесі

Қарағанды көмірінен алынған көмір су отынды арнайы жағу үшін қондырғылар жинақталды.



Сурет 4.7 – Сулы-көмірлі отынның тұрақты жануын қамтамасыз ететін құрылғының элементтері

Алынған сулы-көмірлі отынның жану процесін зерттеу мақсатында 1 газды форсункадан, 2 сұйық отынды шашырататын форсункадан, 3 ауаға арналған соплодан, 4 шүмектен, 5 жану камерасынан, 6 сулы-көмірлі отынның багінен, 7 сулы-көмірлі отынды беретін құбырдан, 8 үстелден, 9 араластырғыштан, 10 қозғалтқыштан тұратын 4.7 суретте көрсетілгендей құрылғы жиналды.

Отын бакта тұнып қалмас үшін бактың түбіне араластырғыш орнатылды. Араластырғыш қозғалтқыштың көмегімен қозғалысқа келеді. Реттеуге болатын газды форсунка штативке бекітілген. Компрессордан 0,6 МПа дейінгі қысымды береді.

Құрылғының түрі мен жалпы бейнесі 4.8- суретте көрсетілген.

Сурет 4.8 – Құрылғының түрі, жалпы бейнесі мен қосылу жолдары

Көмір- су отыны арнайы ыдысқа құйылады. Газ баллонын қосып, форсунканы жағамыз. Газ форсункасының көмегімен жану камерасы мен сұйық отынды шашырататын форсунканы арнайы қыздырамыз. Қоспаны жақсы қамтамасыз ету үшін, бакқа жалғанған СКО-ның берілуіне арналған араластырғышты қосамыз. Жану камерасы мен форсунканы керекті температураға дейін қыздырғаннан кейін, компрессор көмегімен сулыкөмірлі отынды бакқа береміз. Әрі қарай сулы-көмірлі отын, отын беретін құбырға түседі. Сулы-көмірлі отын көтерілгеннен кейін құбырға жалғанған шүмек ашылады, отын беріледі. Осы кезде сулы-көмірлі отынның жану процесі бақыланады.

Келесі 4.9- суретте газ қосулы кездегі жалынның фотосуреті көрсетілген.

Сурет 4.9 – Газ форсункасынан шыққан жалынның фототүсірілімі

4.9-суреттен жалынның әлсіз екені көрінеді. Жану бейнесі келесі суретте көрсетілген.

Сурет 4.10 – Жалын бейнесі [117 Б.44]

Газдың жануымен салыстырғанда отынның жануы әлде қайда қарқынды жүреді.

4.4 Цилиндрлік радиалды айналымды бүрку құрылғысы арқылы көмір–су отынын жағу технологиясы

Отынды бүрку үшін ошақ құрылғысы мен форсунканың екі түрі жобаланды және жасалды:

1) ағынның цилиндрлік радиальді айналдыруымен;

2) ағынды аэродинамикалық (тангенциалды) айналдыруымен.

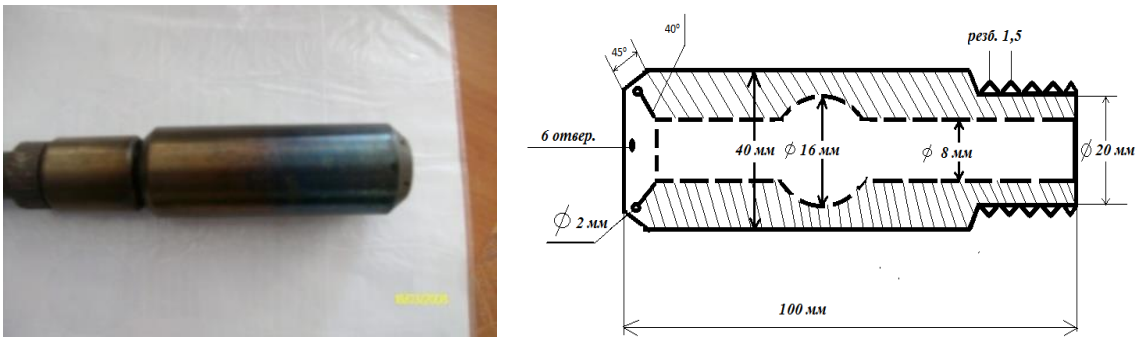
Талдаулық және тәжірибелік зерттеулер көрсеткендей, заманауи отын жағу технологиясын іске асыратын оттық құрылғысы келесілерді қамтамасыз ету керек:

- тотықтырғыш ағынында жанармайдың бірінші рационалды таралуын;
- отын қоспасы пайда болатын аймақта интенсивті турбуленттіліктің жоғары деңгейін;
- жалынды тұрақтандыратын аймақта отынның, тотықтырғыштың және кері ағыстағы жанатын өнімдердің тұрақты басқарылатын аэродинамикалық құрылысын;
- кері ағыстар аймағындағы отындық қоспа құрамының өзіндік реттелуін; отындық қоспаны термиялық дайындалумен жанармай мен тотықтырғыш көмегімен оттық құрылғының өзіндік суытылуы.

Тұжырымдалған жаңа принциптердің негізінде оттық құрылғыларына қойылатын кешенді экологиялық қауіпсіздік, үнемділік пен сенімділік талаптарын қанағаттандыратын отынды жағу жаңа технологиясы құрастырылып ұсынылды.

Үрлеуді беру және жылуды пайдалану. Оттыққа үрлеуді беру үшін екінші ретті ауа желдеткіші қолданылады. Атмосфералық ауа колосникті торлардың астынан ауа өткізгіш бойынша және құйынды оттыққа сопло арқылы беріледі. Үрлеудің шығынын реттеу үшін желдеткіштің бағыттаушы аппаратын қолданады, ол ауа өткізгішке орнатылады.Горизонтальды ауа өткізгішке сопло орналастырылады. Осы сопло арқылы ауа тікелей құйынды оттыққа беріледі. Бұл соплолар оттық көлемінде белсенді аэродинамиканы жасау үшін қызмет етеді. Оттық ішінде идеальді араласу есебінен жанатын заттардың толық жануы үшін жақсы жағдай жасалады, зиянды заттар эмиссиясы шығарылады және оттық үдерісі тұрақтанады. Отынның жануы кезінде түзілген, шығарындылардың (алып кетілетін зиянды заттар) бөліктері мен газдары құйынды жалын түрінде қозғалады. Олар жылутұтынушыға энергиясын бере отырып, суытылады. Суытылған түтінді газдар түтін сорғымен күлұстағышқа беріледі, күлден тазартылады және түтінді құбыр арқылы атмосфераға шығарылады.

4.11-суретте сулы-көмірлі отынды жағу үшін арналған ағынды радиальді айналдыратын бірінші нұсқадағы форсунканың сұлбасы мен сыртқы көрінісінің фототүсірілімі берілген.



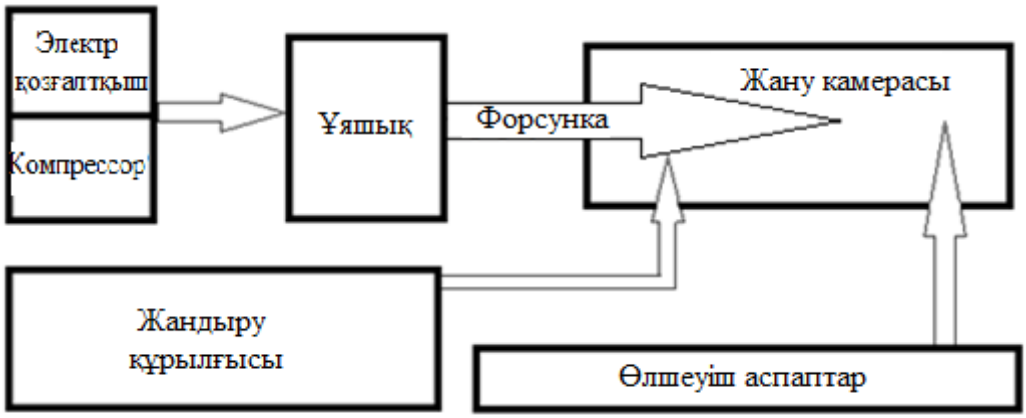
а) б)

Сурет 4.11 – Сулы-көмірлі отынды жағу үшін арналған ағынды радиальді айналдыратын бірінші нұсқадағы форсунканың сұлбасы мен сыртқы көрінісінің фототүсірілімі.

Форсунка болаттан жасалған, барлық параметрлері 4.6- суреттегі (б) сұлбада көрсетілген. Саңылау диаметрі 2 мм.

Цилиндрлі-радиальді бүріккішімен форсунка арқылы сулы-көмірлі отынның жануын тәжірибелік зерттеу үшін қондырғы жинақталды.

4.12-суретте қондырғының принциптік сүлбесі көрсетілген.

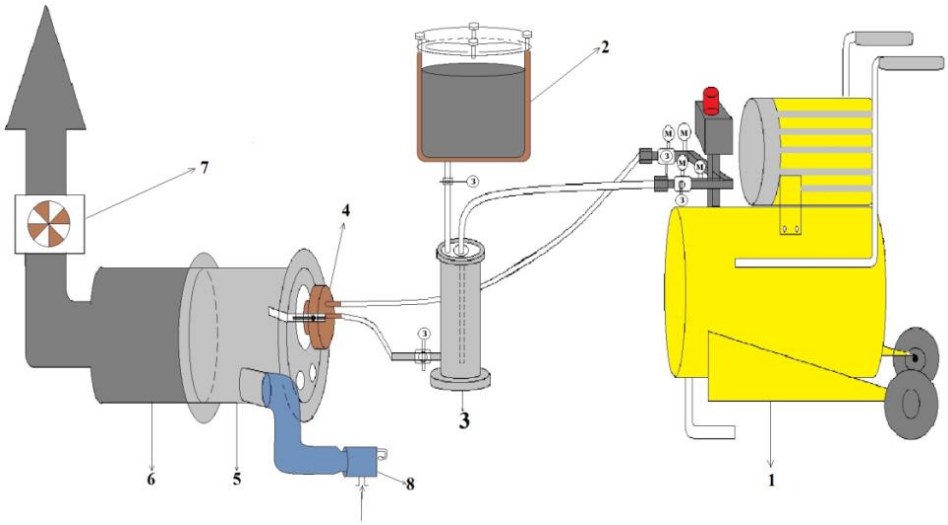


Сурет 4.12 – Қондырғының принциптік сүлбесі

Қондырғы мынадай бөліктерден тұрады: компрессордан, форсункадан, ұяшықтан, оттықтан.

Жұмыс істеу принципі келесілерден тұрады: сулы-көмірлі отын ұяшыққа келіп түседі, ұяшықтың қақпағын нығыздап жабамыз, оттық көмегімен анықталған температураға дейін жану камерасын қыздырамыз, және температураны өлшейміз.

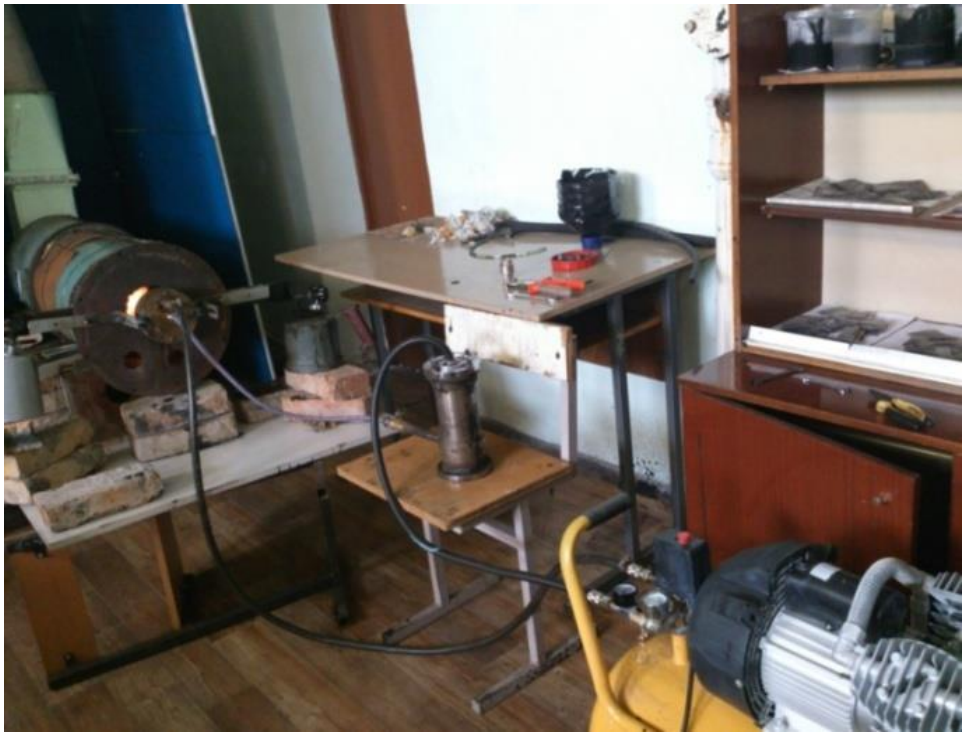
4.13-суретте эксперименталды қондырғының сүлбесі көрсетілген.



1- компрессор, 2 – СКО сақтау үшін сыйымдылық, 3 – СКО-мен бак, 4 – СКО форсункасы, 5 – ошақ құрылғысы, 6 – жану камерасы, 7 – үрлемелі желдеткіш, 8 – ошақ алды оттық

Сурет 4.13 – Эксперименталды қондырғының сүлбесі

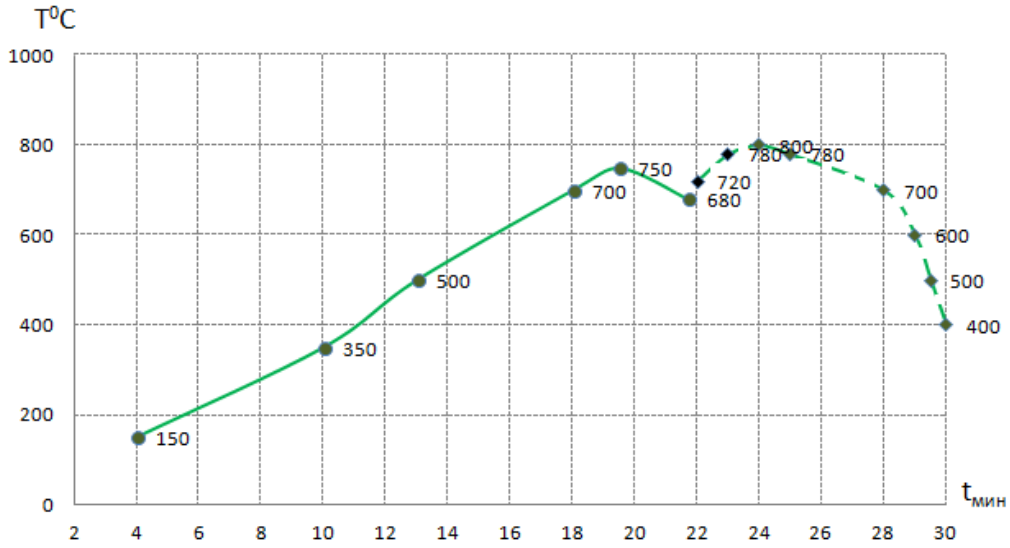
Цилиндрлі радиальды айналатын форсункасы бар ошақ құрылғысын қолданумен СКО жағу үшін арналған қондырғының сыртқы бейнесінің фотосуреті көрсетілген.



Сурет 4.14 – СКО жағу үшін арналған қондырғының сыртқы бейнесі

Сұйық отынды жағу үшін және қажетті нәтижелер алу «Жану физикасы» зертханасында орындалды. Алдымен отын 600^0C дейін дизельді отынмен қыздырылып, сосын 750^0C дейін ұяшықтан КСС бүрку үшін форсункаға сығылған ауамен компрессор көмегімен сұйық отынды айдау жүргізілді. Одан кейін дизельді отынның берілуі тоқтатылады, және КСС-ның жануы өздігінен жүреді. Жану үдерісі 30 минутқа дейін болды.

4.15-суретте СКО жануының уақытқа байланысты температуралық тәуелділік диаграммасы көрсетілген.



Сурет 4.15 –Көмір-сулыотынныңжануыныңтемпературалықтәуелділігі

Суреттен көрініп тұрғандай дизельді отынмен жылыту 20 минут ішінде 650^0C – қа жеткен, кейін 2 минут ішінде 800^0C дейін дизельді отын мен сулы-көмірлі отынның бірлесе жануы жүрген. Одан әрі дизельді отын тоқтатылып, сулы-көмірлі отынның жануы өздігінен жүрген. Бірақ дизельді отынның берілуі тоқтатылғаннан кейін сулы-көмірлі отынның жану температурасы бірден төмендеп кетті [117 Б.44].

Күлді жою. Құйынды оттық – көмірлі-су отынды жаққанда түзілген күл ұсақ, 0,16-0,35 мм дейін. КСО – ның күлінде жанғыш заттың құрамы 4 – 5 % аспайды. Ал қабатты қазандықтарда көмірді жаққанда түзілген күлдің немесе алып тасталынатын жанғыш заттары 50 – 60 % жетеді және ірі қалдық пайда болады. КСО – ның күлінің түсі ашық-қоңыр, кеуекті үйілген тығыздығы 200-360 кг/м^3. Ұсталған күлдер бункерге жиналып, ол күлұстағыш астына орналақсан, сосын жылжымалы сыйымдылыққа жеткізіледі. Одан әрі күл – жол құрылысында және құрылысиндустриясының кәсіпорындарында қолданылуы мүмкін. Ірі қалдықтар негізінде оттық құрылғысының ішінде түзілген басқада зиянды заттар қолмен жойылады.

*Оттықтың жұмыс істеуі.*Жалпы оттықты пайдалану барлық қауіпсіздік ережелерін, типтік қорғаныс пен қазандықтың қауіпсіздік шараларын сақтаумен қазандықты пайдаланудың нұсқаулығы негізінде жүргізіледі.Периодты түрде, жұмыс істегеннен кейін 5-10 тәуліктен соң және құйынды оттықтың ұзақ уақыт тоқтап қалу периодында тазалау керек және қарау қажет. Обмуровкада пайда болған саңылаулар тазалануы тиіс. Олай болмаған жағдайда температураның өзгерісі және саңылауларда түскен күлдер тығыздалып, қалаудың сынуына әкеледі.

4.5 Бөлім бойынша қорытынды

1. Сулы-көмірлі отынды үрдісін компьютерлік бағдарламаны пайдаланып, сандық моделдеу процестері жүргізілді. Көмір-су отынын (КСО) жағу процесін сандық модельдеу «ANSYS Fluent» бағдарламалық пакетінде жүргізілді. Ол көпкомпонентті ортада массаны, энергияны және импульсті сақтау және Навье-Стокс теңдеулерінің шешімі, үздіксіздік және жылу беру заңдары негізінде құрылған.

Сонымен қатар, ANSYS Fluent пакетті кешенінде КСО параметрлерін есептеу үшін бірінші жұмыс ретінде CAD бағдарламаларының құралдарымен құйынды оттық моделі құрылды. Ондағы бастапқы мәндер келесі шамаларда алынды:

– оттықтың жылулық қуаты – 0,3 Гкал/сағ;
– форсунка арқылы КСО шығыны – 200-300 кг/сағ;
– қатты фазаның массалық үлесі – 42-58 %;
– КСО – ғы көмірдің күлділігі – 7%;
– бөлшектің ірілігі – 0-100 мкм;
– отынның бөлшектерінің жылдамдығы – 30-60 м/с;
– сығылған ауаның қысымы – 0,2-0,5 МПа;
– үрленген ауаның қысымы – 0,001-0,002 МПа;
– артық ауа коэффициенті – 1,1-1,4.

Сандық есептеулер нәтижесінде жылдамдық векторларының таралу өрісінің және отттықтың көлемі бойынша температура таралу контурының кескіні алынды. Форсунка арқылы отынның берілуі кезінде ол төменгі үрлеу жүйесі арқылы түсетін, ауа ағынымен ілеседі және айнала отырып, оттықтың жоғарғы шекарасына жетуінің әсерінен жылдамдық артады.

Сандық эксперименттің деректері сызықтық тәуелділікпен жақсы жуықталған: $t = 0.0149d + 0.4775$.

Көмір қалдықтарынан электримпульстік өңдеумен алынған, көмір- сулы отынды бүрку үшін 300-500°С дейін қыздырылған бірінші ретті ауа қолданылды. Оттыққа енгізілетін ауа мөлшері 20 % құрады.

2.Көмір-су отынын (КСО) үздіксіз дайындауға арналған зертханалық құрылғы жасалып, сынақтан өтті. КСО-ды жағу барысында бастапқы ошақ алды құрылғыны 650^0С дейін дизельді отынмен қыздыру жүзеге асырылады, сосын

ұяшықтан КСО бүрку үшін форсункаға сығылған ауамен компрессор көмегімен сұйық отын дизельді отынмен беріліп температура 800^0С дейін жетеді. Одан дизель отыны тоқталып ары қарай КСО-ның жануы өздігінен жүреді. Алайда дизельді отынның берілуі тоқтатылғаннан кейін Сулы-көмірлі отынның жану температурасы бірден төмендеп кетті.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жұмысты орындау барысында келесідей қорытындылар шығарылды:

1. Қарағанды аумағында өндірілетін, оның ішінде «Шұбаркөл Көмір» АҚ және Кузнецк көмір кешенінен диаметрі 15-50 мм-лік көмір шикізатын ұнтақтап, одан арнайы сулы-көмірлі отынды дайындауға мүмкіндік беретін электримпульстік қондырғы мен жұмыс ұяшығы (ұсату құрылғысы)жасалды. Ұнтақтау процесіне ауалық ұшқындық разрядтаушыдағы электродтардың формасының әсері анықталды. Ұсақтау құрылғысындағы теріс электрод функциясын цилиндрлік (диаметрі d = 70 мм, биіктігі H = 150 мм) металл қораптың ішкі беті орындаса, ал оң электрод ретінде диаметрі 5 мм капролонмен оқшауланған 30HGSA маркалы көміртекті болаттан жасалған өзекше орындалды. Алғаш рет ұнтақтау процесіне ауалық ұшқындық разрядтаушыдағы электродтардың формасының әсері анықталды. Жұмыс электродына жеткізілетін меншікті энергия $0{,}75\times10^4$Дж/м -ден $2{,}25\times10^4$ Дж/м -ге дейін өзгеріп, қажетті гранулометриялық құрамы (50÷250мкм) бар көмір-су суспензиясы алынды.

2. Электродтар аралығында көмірдің ұсақталуының тәуелділік деңгейлері бойынша тәжірибе кезеңдерінде электродтар аралықтары $l_р$=7,8,9,10 мм өзгертілді. Тәжірибе барысында $l_р$=7 мм электродтар аралығы кезінде, диаметрі d<80 мкм бөлшектердің мөлшері 2,8%, ал диаметрі $d_ф$=80÷100 мкм болатын бөлшектердің мөлшері 1%, %, $d_ф$=100÷200 мкм – 5,8%. Ал $l_р$=10 мм болған кезде ұсақдисперсті фракцияның мөлшері артады: диаметрі d<80 мкм болатын ұсақдисперсті фракцияның мөлшері 5,2% құрайды, диаметрі $d_ф$=80÷100 мкм болатын ұсақ болшектер 1,4% құрайды, $d_ф$=100÷200 мкм – 8,4%. Кузнецк көмір кенішінде және Шұбаркөл өндірісі көмірінің массалық үлесін анықтау нәтижелері бойынша механикалық және ЭГ өңдеуден кейін диаметрі 0,9 мм фракцияның массалық үлесі ЭГ өңдеуден әлдеқайда аз, бірақ механикалық өңдеуден кейін фракцияның диаметрі 0,4 мм – 35% - ға артады, бұл процесті айналмалы конустық ұсақтағыштың өңдеу беті мен аппараттың негізі арасындағы саңылау ені тұрғысынан түсіндіруге болады. Ал біздің тәжірибемізге қажетті диаметрлер 0,2 мм және 0,1 мм – 7÷9%-ң аралығында жатқанын көреміз. Шұбаркөл мен Қарағанды КҚО көмір үлгілерінің беткі құрылымы анықталды.

3. Ұнтақтау құрылғысындағы оң электродының ұшы оқшаудан 20 мм шығыңқы болғанда және оқшау диаметрі мен электрод диаметрі D=2.5×d арақатынасында болғанда электродтың тиімді нұсқасы ұсынылды. Сонымен қатар, жұмыс ұяшығының теріс электродының қызметін атқарушы – металл цилиндрдің ішкі беті ойық жартылай сфералық пішінді болғанда материалды ұнтақтау дәрежесінің қарқындылығы шамамен 1,5 есеге артты;[N1]

4. Электримпульстік соққы санының көмірдің бастапқы фракцияларының ұсақталу сипатына әсері кезінде жұмыс кернеуінің жоғарылауымен 0,1 мм-ден аз болатын фракциялардың пайызы арта бастайды. Мұны ұсату құрылғысындағы жұмыс кернеуінің жоғарылауымен түсіндіруге болады және электримпульстік

әсер ету энергиясы артады, сондықтан ұсақтау тиімділігі арта бастайды. Диаметрлері кішкентай көмірден электримпульстік әдіспен төменгі деңгейдегі ұнтақ алу кезінде қондырғының импульстік разрядтар саны 400-ден 2000-ға дейін өскен кезде ұсақтау құрылғысындағы көмірсутек отынының максималды температура шегі 55 ^{0}C болды және көмірді осы жолмен ұнтақтау қосымша салқындатуды қажет етпейтінін көрсетеді, өйткені процесс сұйық ортада жүреді.

5. Көмірді ұсақтау және ұнтақтау процесін оңтайландыруға және жылу-энергетикалық қондырғылардың от жағу камераларында жағу үшін көмір-су суспензияларын бүркуге мүмкіндік беретін құрылғылар әзірленді. Сулы-көмірлі отынның үрдісін бағалау үшін арнайы «ANSYS Fluent» компьютерлік бағдарламасын пайдаланып, құйынды оттық моделі құрылып, сандық моделдеу процестері жүргізілді. Сандық эксперименттің деректері сызықтық тәуелділікпен жақсы жуықталып алынды: $t = 0.0149d + 0.4775$. Көмір қалдықтарынан электримпульстік өңдеумен алынған, көмір- сулы отынды бүрку үшін 300-500°C дейін қыздырылған бірінші ретті ауа қолданылды. Оттыққа енгізілетін ауа мөлшері 20 % құрады

6. Көмір-су отынын (КСО) үздіксіз дайындауға арналған тәжірибелік құрылғы жасалып, сынақтан өтті. КСО-ды жағу барысында бастапқы ошақ алды құрылғыны 650^{0}C дейін дизельді отынмен қыздыру жүзеге асырылады, сосын ұяшықтан КСО бүрку үшін форсункаға сығылған ауамен компрессор көмегімен сұйық отын дизельді отынмен беріліп температура 800^{0}C дейін жетеді. Одан дизель отыны тоқталып ары қарай КСО-ның жануы өздігінен жүреді. Жану үдерісі 30 минутқа дейін созылды. Алайда дизельді отынның берілуі тоқтатылғаннан кейін Сулы-көмірлі отынның жану температурасы бірден төмендеп кетті.

Пайдаланған әдебиеттер тізімі

1. Круть, О.А. Водовугільнепаливо / О.А. Круть. – К.: Наукова думка, 2002. – 172 с.

2. Мурко, В.И. Научные основы процессов получения и эффективного применения водоугольных суспензий: дисс. … д-ра техн. наук: 05.17.07 / Мурко В.И. – Новокузнецк: НГНПП Экотехника, 1999. – 289 с.

3. Жумадилова А.Использование водоугольного топлива на ТЭЦ-3 в г. Астане// Материалы Республиканской научно- теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 9: «Новый вектор развития высшего образования и науки». – 2013. – Т.1, ч.2 – С. 46.

4. Технологии вихревого сжигания «ТОРНАДО». http://sibpromenergo.ru/boiler/vih/tornado.html

5. Баранова М.П. Технологии получения и использования топливных водоугольных суспензий из углей различной степени метаморфизма // Российская государственная библиотека. Москва. - 2014.

6. Кусаиынов К., Нусупбеков Б.Р., Булкаирова Г.А и др. Влияние электрогидроимпульсной обработки на структуру и свойства минералов и углей.// Вестник КарГУ. Серия Физика. – 2006. – №4(44).– С.47-52.

7. Папин А.В. Разработка технологического процесса утилизации угольных шламов кузнецкого бассейна в виде высококонцентрированных водоугольных суспензий // Автореферат дисс. … канд. техн. наук:: Томск, 2004. – 24 с.

8. Серегин А.И. Переработка угольных шламов в товарные продукты нетрадиционным физико-химическим воздействием// Российская государственная библиотека. Москва. - 2009. - С. 24.

9. Белоусов В.Н., Смородин С.Н., Смирнова О.С. Топливо и теория горения. Учебное пособие: Топливо. Часть 1 // СПбГТУРП. Санкт-Петербург. - 2011. – 84 с. http://tfolio.ru/item/zJQf//

10. Штым А.Н., Штым К.А. Модернизация паровых и водогрейных котлов с установкой циклонных предтопков для сжигания мазута и газа.// Энергетик.- 2010.–№10.– С.25-28.

11. Зайденварг В.Е., Трубецкой К.Н., Мурко В.И. Нехороший И.Х. Производство и использование водоугольного топлива. – М.: Изд-во Академии горных наук, - 2001. –172 с.

12. Серант Ф.А., Цепенок А.И., Овчинников Ю.В., Луценко С.В., Карпов Е.Г. Приготовление водоугольного топлива и технологии его сжигания// Сборник научных статей: Современная наука. -2011. - № 1 (6). - С.95-101.

13. Хзмалян Д. М. Теория топочных процессов: Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоаомиздат, – 1990. – С. 119-125.

14. Баранова М.П., Кулагин В.А. Физико-химические основы получения топливных водоугольных суспензий: Красноярск.– 2011.– 160с. https://znanium.com/catalog/document?id=278837

15. Байченко А.А. Интенсивная технология обогащения угольных шламов // Уголь.- 1990.-№10.- С. 49-51.

16. Доброхотов В.И., Зайденварг В.Е., Трубецкой К.Н., Нехороший И.Х. Состояние и перспективы развития работ по водоугольному топливу в России: Международный симпозиум, Токио, 1994.-С.1-13.

17. Дроздник И.Д., Кафтан Ю.С., Должанская Ю.Б. Новые направления использования углей. К и Х, 1999. №1. С 11-16.

18. Мурко В.И., Хямьяляйнен В.А. и Баранова М. Создание котельной малой мощности на отходах обогащения угля// *Международная научно-техническая конференция «EastConf»*.- Владивосток.-2019.- С.1-4, doi: 10.1109/EastConf.2019.8725397..

19. Корочкин Г.К., Мурко В.И., Своров В.А., Горлов Е.Г., Головин Г.С. Совершенствование технологии получения водоугольных суспензий. ХТТ,2001.№3. С 13-27.

20. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Часть 1. М: Наука. – 1987. - 464 с.

21. Семененко Е.В., Демченко Т.Д., Рыжова С.А. Определение эффективной вязкости структурированных суспензий в зависимости от концентрации и свойств твердой фазы// Геотехнічнамеханіка. –2017. –№136.– С.13-22

22. Кондратьев А.С., Седова Т.А. Об одной феноменологической модели эффективной вязкости гидросмесей // Вопросы определения технологических параметров линейной части гидротранспортных систем:Тр. НПО "Гидротрубопровод". М., 1989. С. 114-122.

23. Круть, А.А. Папаяни Ф.А. Технология приготовления водоугольного топлива с предварительным смешением исходных компонентов// Сбірникнауковихпраць НГУ. – Дніпропетровськ, 2001. – № 3. – С. 111 – 118.

24. Криль, С.И. Об эффективной вязкости суспензий сферических частиц// Вестник Харьковского политехнического университета. – 2001. – Вып. 129, Т. 1. – С. 147 – 157.

25. Кріль, С.І. До питання про реологічнемоделюваннясуспензій / С.І. Кріль, В.П. Берман // Прикладнагідромеханіка. – 2003. – Т. 6(77), №.2. – С. 20 – 36.

26. Баранова, М.П. Совершенствование технологии получения водоугольных суспензий: дисс. … канд. техн. наук: 05.14.04 / Баранова М.П. − Красноярск: КГТУ, 2006. – 114 с.

27. Сенчурова Ю.А. Совершенствование технологии сжигания водоугольного топлива в вихревых топках //Теплоэнергетика. Кемерова. - 2008. - С.122.

28. Корочкин Г.К., Мурко В.И., Своров В.А., Горлов Е.Г., Головин Г.С. Сырьевая база для приготовления высококонцентрированных водоугольных суспензий применительно к углепроводу Белово Новосибирск. ХТТ,2000.№3. С 83-91.

29. Хидиятов А.М. Основные результаты исследований водоугольного топлива и перспективы его использования // Развитие технологий подготовки и

сжигания топлива на электростанциях: сб. научн. статей – М.: ВТИ, 1996. — С. 123-141.

30. Делягин Г.Н., Ельчанинив Е.А., Еремеев В.М.и др. Угольные суспензии новое экологически чистое топливо и технологическое сырье// Проблемы окружающей среды и природных ресурсов.- М., 1991.-№9.-С.105.

31. Ходаков Г.С. Суспензионное угольное топливо (современный этап исследований, технологий и промышленной реализаций) // Известия Академии Наук. – Энергетика, 2000. — №2. — с. 104-119.

32. Хасенов А.К., Нүсіпбеков Б.Р., Қартбаева Г.Т. Инженерлік реология. – Қарағанды: ҚарМУ, 2019.–216 б.

33. Ходаков Г.С. Реология суспензий. Теория фазового течения и ее экспериментальное обоснование// Рос. хим. журнал. – 2003. - Т. XLVII, №2. – С. 33 – 44.

34. Крапчин И.П., Потапенко И.О. Экономическая эффективность приготовления и использования водоугольных суспензий – экологически чистого топлива для электростанций// Уголь. – 2003. – № 11. – С. 50–52.

35. Мурко В.И., Заостровсий А.Н. Выбор углей для приготовления водоугольных суспензий и закономерности формирования их структурно реологических характеристик. Вест. КузГГУ, 2001.№5.С 49-57.

36. Patel P.D., Russel W.B. A mean field theory for the rheology of phase separated or flocculated

37. Борзов А.И. Получение стабильных водоугольных суспензий из углей // Химия твердого топлива. - 1996. — №1. - С. 32-35

38 Делягин Г.Н., Канторович Б.В., Караченцев В.И. и др Сжигание водоугольных суспензий на опытно-промышленной установке \. // Уголь.-1964.-№9.-С.86-87.

39 Glenn R.D. Coal slurry applications and technology. EPRJ GS-7209, Palo Alto, C A, USA, Electric Power Research Institute, 1991.- 66 p.

40. Горлов Е.Г., Головин Г.С., Зотова О.В. Усовершенствование технологии создания водоугольного топлива из бурых углей// Химия твердого топлива. — 1994. - №6. - С. 117-125

41. Pohl J.H. Correlation of spray characteristics of coal-water fuels // Symposium on coal slurry fuels preparation and utilization. PitsburghEnergyTecnologyCentre, 2001. - P. 357-376.

42. Иванова В.М., Делягин Г.Н., Иванов В.М., Канторович Б.В. Пути эффективного сжигания обводненного топлива в виде диспергированных топливных систем и перспективы создания топливно-нергетического комплекса (гидрошахта-гидротранспорт ГРЭС) // Вопросы по гидравлической добычи угля: тр. ВНИИгидроугля. – Новокузнецк, 1968. – С. 79-82.

43. Давыдова И.В., Кликун В.А., Коц И.А. Реологические свойства высокообводненного топлива в виде водоугольных суспензий. – М.: Наука, 1967. - С. 78-83.

44. Солодов Г.А., Заостровский А.Н., Папин А.В., Папина Т.А. Стабилизация водоугольных суспензий органическими реагентами // Вестн. КузГТУ. 2003. № 2. С. 79- 83.

45. Солодов Г.А., Исмагилов М.С., Заостровский А.Н., Папин А.В., Папина Т.А. Установка для повышения выхода гуминовых веществ из углей // Вестн. КузГТУ. 2003. № 3. С. 84 86.

46. Онищенко А.Г. Промышленное сжигание водоугольных суспензий // Обогащение и брикетирование углей. - М. - 1968.- №2. – С. 72-75.

47. Murko V., Fedyaev V., Karpe-nok V., Dzuyba D., Baranova M. Application of swirl combustion technique on reduction of toxic substance in coal water mixture combustion products / // **J.** Clean coal technology (Chaina), 2012. - № 5. - С. 73-75

48. Davidsson, S., Grandell, L., Wachtmeister, H., Höök, M. Growth curves and sustained commissioning modelling of renewable energy: Investigating resource constraints for wind energy// Energy Policy. - 2014. - Т.73.- P.767-776.

49. Долинский А.А., Халатова А. Водоугольное топливо: перспективы использования в теплоэнергетике и жилищно-коммунальном секторе. Пром. Теплотехника. – 2007. - Т. 29. - № 5. – P.70-79.

50. Kuznetsov, G., Salomatov, V., Syrodoy, S. Numerical simulation of ignition of particles of a coal–water fuel// Combust, Explos. Shock Waves. - 2015. – Т.51. – P. 409–415.

51. МуркоВ.И., КулагинВ.А., БарановаМ.П. (2017). Получение стабильных бинарных топливных систем. ЖурналСибирскогофедеральногоуниверситета, 10(8), 985-992.

52. Guy, B., Hermes, M., Poon, W.C. Towards a unified description of the rheology of hard-particle suspensions// Phys. Rev. Lett. – 2015.- Т.115, 088304.

53. Mosa, E., Saleh, A., Taha, A., El-Molla, A. A study on the effect of slurry temperature, slurry pH and particle degradation on rheology and pressure drop of coal water slurries// J. Eng. Sci. – 2007. - Iss 35. – P.1297–1311.

54. Vershinina K., Shevyrev S., Strizhak P. Coal and petroleum-derived components for high-moisture fuel slurries// Energy. – 2021. - №219. – P. 119606.

55. Korotkiy, I.A, Neverov, E.N., Murko, V.I, Chernikova, O.P. The development of ecologically clean technology for coal use in terms of the coal-water slurry usage. JournalofPhysics: ConferenceSeries. Bristol. - 2021. -, 1. doi:10.1088/1742-6596/1749/1/012044

56. Дубровский В.А., Исаков Ю.В., Потилицын М.Ю., Потапов И.И., Широков В.Н. Исследование эффективности электрогидравлических эффектов приема кавитационного водо-угольного топлива для котельных установок Красноярского края// Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф.Решетнева. - 2010. - №6(32). – С.127-130.

57. Білецький В.С., Круть О. А., Світлий Ю. Г. Приготуванняводовугільногопалива на основі бурого вугілля. -Дніпропетровськ. – 2011.- № 47 (88). – С.8-16.

58. Круть О. А., Білецький В. С. Водовугільнепаливо: стан проблеми і

перспектививикористання// ВісникНаціональноїакадемії наук України. – 2013. - №8. – С.58-65. http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnanu_2013_8_9

59. Biletsky V., Sergeyev P., Krut O. Fundamentals of highly loaded coal-water slurries// Annual Scientific-Technical Colletion - Mining of Mineral Deposits. – 2013. – P.105–114.

60. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности.- Л.: // Машиностроение. - 1986 - № 7 – 253 с.

61. Юткин Л.А. Электрогидравлическое дробление, ЛлЛДНТП, ч.2.1960, - 49 с.

62. Малюшевский П.П. Основы разрядно-импульсной технологии. - Киев: Науково Думка,- 1983.- 272 с.

63. Кривицкий Е.В. Динамика электровзрыва в жидкости/ Машиностроение. - К.: Наука. Думка.- 1986. - 205 с.

64. Усов А.Ф. Новые способы разрушения материалов и проблема комплексного использования минерального сырья //Проблемы комплексного использования минерального сырья Кольского полуострова.-Апатиты,1989.- С.72-73.

65. Подводный электровзрыв //Сб. науч. Трудов. Ред. Г.А.Гулый и др. -Киев: Наук. Думка, 1985.- 116 с.

66. Курец В.И., Усов А.Ф., Цукерман В.А. Электримпульсная дезинтеграция материалов. – Апатиты: Изд.Кольского научного центра РАН, 2002.–324с.

67. Гулый Г.А. Научные основы разрядноимпульсных технологий. // АН УССР ПКБ Электрогидравлики.- Киев: Наук.думка, 1990.-280 с

68. Кусаиынов К., Алпысова Г.К., Танашева Н.К., Тлеубергенова, Толынбеков А.Б. Влияние реагента пластификатора на свойства водоугольного топлива, синтезируемого на основе электрогидроимпульсной технологии// Вестник Томского государственного университета.–2014.–№6(32).–С.80-85. http://journals.tsu.ru/engine/download.php?id=149

69. Кусаиынов К., Нусупбеков Б.Р. Разрушение материалов подводным электрическим взрывом // Караганда: Изд-во ТОО «Издатсервис», 2010. - 250 с.

70. Наугольных К.А., Рой И.А. Электрические разряды в воде.-М.: Наука, 1971,-154 с.

71. Усов А.Ф. Перспективы технологий электримпульсного разрушения горных пород и руд //Изв.АН, Энергетика.-2001.№1.-С.54-62.

72.Nussupbekov B.R., Sakipova S.E., Edris A., Khassenov A.K., **Nussupbekov U.B.,** Bolatbekova M. Electrohydraulic method for processing of the phosphorus containing sludges// Eurasian Physical Technical Journal.– 2022.– Vol.19.– No.1(39).– P.99-104. DOI 10.31489/2022No1/99-104

73. Кусаиынов К. Гидродинамика, теплообмен и электрогидравлические явления при движении двухфазных сред в трубах: Караганда: Изд-во КарГУ 1998.– 114 с.

74. Кусаиынов К, Нүсіпбеков Б.Р.,Мейрбекова О.Д., Сейтжанова Г.С. Қатты минералды пайдалы қазба байлықты электрогидроимпульстік қондырғымен

ұсақтау тәжірибелері// ЕҰУ Хабаршысы. Физика сериясы. 2008.– №2(62).– С.113-122.

75. Кусаиынов К.К, Нусупбеков Б.Р., Турмухамбетов А.Ж. Об одном способе интенсификации теплообменного процесса// Региональные проблемы энергосбережения в децентрализованной теплоэнергетики. Материалы международной научно-практической конференции. – Киев, 2000. –С.35-38.

76. Нусупбеков Б.Р. Электрогидроимпульсный способ интенсификации теплоотдачи //Промышленная теплотехника.- 2003. –№ 4.– Т. 25.–С.331-333.

77. Құсаиынов К., Нусіпбеков Б.Р., Танашева Н.К., Тлеубергенова А.Ж., Алпысова Г.К. Сұйық отынды алу үшін сулы-көмірлі суспензияны дайындау кезінде ЭГЭ тиімділігін зерттеу// Бейсызықты жүйелердегі хаос және құрылымдар. Теория және тәжірибе: 9-шы Халақаралық ғылыми конференцияның материалдары. - Қарағанды, 2015 - Б.284-287.

78. KusaiynovK., SatybaldinA.Zh., Tanasheva N.K., TleubergenovaA.Zh., Sadenova K.K. Investigation of physical characteristics and atomizing properties of coal-water slurry fuel from the sludge of Shubarkul coal // ВестникКарагандинскогоуниверситета. Серия «физика». - 2015. - №3 (79). - С. 45-49.

79. АС 20338. Форсункадляраспыленияводоугольноготоплива / КусаиыновК., НусупбековБ.Р., СатыбалдинА.Ж., ТанашеваН.К., АлпысоваГ.К., ТлеубергеноваА.Ж.; публ. 10.08.2015г, Бюл. №13. - 4 с.

80. Алпысова Г.К., Хасенов А.Қ. Электрогидроимпульсті әдіспен көмірді өңдеу. Бейсызықты жүйелердегі хаос және құрылымдар. Теория және тәжірибе: 7-ші халықаралық конференцияның материалдары/ КарМУ.-Қарағанды: ҚарМУ баспасы, 2010. – Б. 268-271.

81 Кусаиынов К., Дуйсенбаева М.С.,Алпысова Г.К., Оспанова Д.А. Электрогидроимпульсная обработка шубаркольского угля. Вестник Карагандинского университета. Серия: Физика, 2012. – №2(66). – С.27– 30.

82 Кусаиынов К., Дуйсенбаева М.С., Алпысова Г.К. Шұбаркөл көмірінің беттік құрылымына соққы толқындарының әсері. Бейсызық жүйелердегі хаос және құрылымдар. Теория және тәжірибе: Академик Е.А.Бөкетов атындағы ҚарМУ - дың 40 жылдығына арн. 8 – ші Халықарал. ғыл. конф. Материалдары, 2012. – Б.495 – 500.

83 Кусаиынов К., Алпысова Г.К., Танашев Е.Т., Танашева Н.К., Толынбеков А.Б. Исследование воздействия пластификаторов на свойства ВУТ// Вестник КарГУ, Серия Физика.-2013. - №4 (72). - С. 75-79.

84 Дуйсенбаева М.С., Ергазы А., Алшынбаева Д.А. Переработка углей с помощью подводного искрового разряда //Молодой ученый. – 2017. - №11 (145) - С. 66-69.http://elibrary.ru/item.asp?id=28840592/

85 Танашева Н.К., Миньков Л.Л., Тлеубергенова А.Ж., Саденова К.К., Дюсембаева А.Н. Конструкция горелочного устройства для сжигания водоугольного топлива// Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент: Материалы 11-ой международнойконференции. – Караганда,

2019. – С.308-311.

86. Кусаиынов К., Дуйсенбаева М.С., Алпысова Г.К., Хасенов А.К. Суасты импульстарының органикалық қоспалар құрамына әсері// Заманауи физиканың өзекті проблемалары: профессор Исатаевтың 80 жасқа толуына арн. Халықарал. ғыл. конф. материалдары. – Алматы: Қазақ ун-ті, 2012. – Б.171 – 173.

87. Кусаиынов К., Дуйсенбаева М.С.,Алпысова Г.К., Оспанова Д.А. Электрогидроимпульсная обработка шубаркольского угля// Вестник Карагандинского университета. Серия: Физика, 2012. – №2(66). – С.27– 30.

88. Кусаиынов К., Дуйсенбаева М.С., Алпысова Г.К. Шұбаркөл көмірінің беттік құрылымына соққы толқындарының әсері. Бейсызық жүйелердегі хаос және құрылымдар. Теория және тәжірибе: Академик Е.А.Бөкетов атындағы ҚарМУ - дың 40 жылдығына арн. 8 – ші Халықарал. ғыл. конф. Материалдары, 2012. – Б.495 – 500.

89 Li Ch., Duan L., Tan S., Chikhotkin V. Influences on High-Voltage Electro Pulse Boring in Granite // Energies. 11, 2461 (2018). doi:10.3390/en11092461

90 Duan L., Xiao Y., Li C., Li A., Kang J. Simulation and experimental study on the influence of bit structure on rock-breaking by high-voltage electro-pulse boring. (2022) *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 214, 110556

91 Zhu, X., Li, R., Liu, W., Li, Z., Lu, D. Development Status of High-efficiency Rock-breaking and Speed-increasing Technologies for Deep Shale Gas Horizontal Wells (2023*) Journal of Southwest Petroleum University*, 45(4), 1 – 18.

92 Liu, W., Zhang, Y., Zhu, X., Luo, Y. The influence of pore characteristics on rock fragmentation mechanism by high-voltage electric pulse. (2023) *Plasma Science and Technology*, 25(5), 055502

93 Kang, J., Li, C., Duan, L., Xiao, Y., Li, A. An Experimental and Numerical Study on the Mechanism of High-Voltage Electro Pulse Rock-Breaking (2023) *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 56(3), 2185-2195

94 Li Ch., Duan L., Wu L., et al. Experimental and numerical analyses of electro-pulse rock-breaking drilling. (2023) *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 177, 103263. DOI: 10.1016/j.jngse.2020.103263

95 Feng, W., Rao, P., Nimbalkar, S., et al. The Utilization of a Coupled Electro-Thermal-Mechanical Model of High-Voltage Electric Pulse on Rock Fracture. (2023) *Materials*. 16(4),1693

96 Zhang, Q.; Wang, G.; Pan, et al. High Voltage Electric Pulse Drilling: A Study of Variables through Simulation and Experimental Tests. *Energies* 2023, 16, 1174. DOI:10.3390/en16031174

97 Krivitskyi E.V. *Dynamics of electroexplosion in liquid*. Kiev. 205, (1986). [in Russian]

98 Sakipova S.E. Calculation of impulse pressure under electro-discharge action in an inhomogeneous liquid. *Bulletin of the Tomsk State University. Mathematics and mechanics*. – Tomsk. No. 1(5), 74-81. (2009).

99 Dontsov V. E. Propagation of pressure waves in a gas-liquid medium of a cluster structure. *Applied mechanics and theoretical physics*. 2005, Vol.46, No.3, pp. 50 - 60.

100 Kussaiynov K., Nussupbekov B.R., Sakipova S.E., et al. Electropulse method of selective destruction of materials in a liquid medium. / Innovative Patent of the Republic of Kazakhstan, No.12-3/3737. (2014).

101Nussupbekov B.R., Sakipova S.E., Edris A., Khassenov A.K., **Nussupbekov U.B.,**Bolatbekova M. Electrohydraulic method for processing of the phosphorus containing sludges. Eurasian phys. tech. j.19, 1(39), 99–104. (2022). doi:10.31489/2022No1/99-104

102Kussaiynov K., Sakipova S.E., SatybaldinN.M.. Dynamics of Pulsed electric discharge development in the heterogeneous environment. *Eurasian phys. tech.j.***3**, 1(5), 31 – 34. (2006).

103Noskov M.D., Malinovski A.S., Cooke C.M., et al. Experimental study and simulation of space charge stimulated discharge. *J. Appl. Phys*. **92**, 9, 4926 – 4934. (2002).

104Zhanabaev Z. Zh., Almasbekov N.E., Baibolatov E.Zh., Eldesbay A.T.. Self-organized impulses of dynamical systems with three-dimensional phase space. *Bulletin of KazNU, Series physics*. 2(17), 160-168. (2004).

105Shakhtarin B. I., Kobylkina P. I., and Sidorkina Yu. A. Generators of chaotic oscillations. Textbook for Universities. - 248, 2016**.**

106Khassenov A.K., **Nussupbekov U.B.,** Karabekova D.Zh., Stoev M., Bolatbekova M.M. Electric pulse method for producing a small-dispersed product of coal-water fuel// Eurasian Physical Technical Journal.– 2020.– Vol.17.– No.2(34).– P.96-99. DOI 10.31489/2020No2/96-99

107Nussupbekov U., Turlybekova R. Development of alternative energy sources using electro-hydro pulse installation// Abstracts of XXVIII International Scientific and Practical Conference. Madrid, Spain. Pp. 144-147.URL: https://eu-conf.com/ua/events/unusual-methods-of-development-of-scienceand-thoughts/

108 **НусупбековУ.Б.,** Хасенов А.К., КарабековаД.Ж., НусупбековБ.Р. Электрогидравлическийспособизмельчениярудиугля// Патент РК № 2022/0317.2 от 20.05.2022,бюл.№20

109Kurytnik I.P., Nussupbekov B, Khassenov A.K, **Nussupbekov U.B.,**Karabekova D.Z., Bolatbekova MDevelopment of a grinding device for producing coal powder-raw materials of coal-water fuel// Archive of Mechanical Engineering.– 2022.– V.69–№2.– P.259-268. DOI: 10.24425/ame.2022.140414

110 Лебедев С. В. Численное моделирование процесса сжигания водоугольного Ливана основе угольных шламов // Современная наука: идеи, исследования, результаты, Технологии. - Киев: «НПВК Триакон», 2012. - № 1 (6). - С. 24-27.

111 Пузырев Е.М. Исследование топочных процессов и разработка котлов для низкотемпературного сжигания горючих отходов и местных топлив: автореф. дис. докт. техн. наук: 01.04.14 / Е.М. Пузырев; Алт. Гос. Техн.

университет им. И.И. Ползунова. - Барнаул. — 2003. — 41 с

112 Мурко В.И., Федяев В.И., Фунг Мань Дак. Результаты исследований по приготовлению и сжиганию суспензионного угольного топлива из антрацитовых углей Вьетнама // Уголь.- 2007. - №10. - С. 59-60

113 Гладкий А.И., Делягин Г.Н., Кирсанов В.И., Онищенко А.Г. Сжигание водоугольных суспензий из донецких тощих углей в топке промышленного парового котла // “Новые методы сжигания топлива и вопросы теории горения”. Сб. научных трудов. М.: Наука, 1969. – С. 28–37.

114 Липилин А.Б., Векслер М.В., Коренюгина Н.В.. Ударная шаровая мельница «ТРИБОКИНЕТИКА» или новая техника механического диспергирования. http://www.tpribor.ru/tribokinet.html

115Хинт И.А. Основы производства силикальцитных изделий. Госстройиздат, 1962.

116 Sakipova S.E., Nussupbekov B.R., Edris A., Nussupbekov U.B., Ospanova D. A., Turlybekova R.S. Modeling the generator of electro-pulse discharges// Journal of Theoretical and Applied Physics (JTAP) Volume 18, Issue 1, 182409 (1-9), https://dx.doi.org/10.57647/j.jtap.2024.1801.09

117. Nussupbekov, B., Khassenov, A., **Nussupbekov, U.,** Akhmadiyev, B., Karabekova, D., Kutum, B., Tanasheva, N. (2022). Development of technology for obtaining coal-water fuel. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3 (8 (117)), 39–46. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.259734

118 **Nussupbekov U.,**Turlybekova R., Khassenov A. The effect of electrohydraulic shock on the crushing of primary coal fractions and thermophysical characteristics// Abstracts of XXVIII International Scientific and Practical Conference. Madrid, Spain. Pp. 122-127 URL: https://eu-conf.com/events/the-role-of-society-in-the-development-ofscientific-ideas/

119 Nussupbekov B.R., Khassenov A.K., **Nussupbekov U.B.,** Karabekova D.Zh., Stoev M., Bolatbekova M.M.Coal pulverization by electric pulse method for water-coal fuel// Bulletin of the University of Karaganda-Physics.– 2019. – № 4(96).– P.80-84. DOI: 0.31489/2019Ph4/80-84

120 Кассек К. Способ измельчения непереработанного бурого угля/ К. Кассек, Г. Салевски, В. Карпус// 1998. [Элек-тронныйресурс]. https://patents.s3.yandex.net/RU2109569C1_19980427.pdf

121 Kussaiynov K; Nussupbekov B R; Shaimerdenova K M; Bulkairova G A; Khassenov A K; **Nussupbekov U B**Electro-impulse device for crushing and breaking crystalline silica, wollastonite ores and metallurgical silicon, has unevenly placed electrodes arranged along height of body for performing optimal allocation and discharging// 2019-36244E. https://www.webofscience.com/wos/alldb/full-record/DIIDW:201936244E

122 Померанцев В.В. Опытно-промышленный котел БКЗ-420-140-9 с низкотемпературной топкой ЛПИ / В.В. Померанцев // Энергомашиностроение. - 1985. - №8. - С. 32-34

Қосымша А

РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) **KZ** (13) **U** (11) **7116**
(51) ***B02C 19/00*** (2006.01)

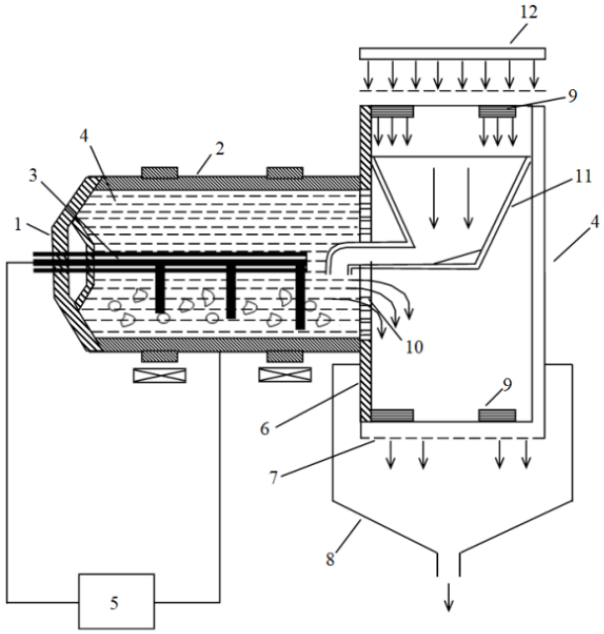
МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ
К ПАТЕНТУ

(21) 2022/0317.2
(22) 13.04.2022
(45) 20.05.2022, бюл. №20
(72) Нусупбеков Улан Бекболатович; Хасенов Аянберген Каирбекович; Карабекова Дана Жилкибаевна
(73) Нусупбеков Бекболат Рахишевич
(56) KZ17856 A, 16.10.2006

(54) **ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ СПОСОБ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ РУД И УГЛЯ**

(57) Полезная модель предназначена для получения угольно-водного топлива для сжигания в топочных устройствах (котлах, печах, и т.др) теплоэнергетических установках, в системах энергоснабжения и относится к области топливной энергетики и может быть использовано для переработки трудно извлекаемых, находящихся в связанном состоянии с породой золотосодержащих продуктов с различным содержанием золота, отходов и заполнителей строительной индустрии (отходов стекла). Преимуществом заявленного технического решения заключается в том, что измельчение осуществляют подводными искровыми разрядами посредством трех положительных электродов, установленных в барабанной мельнице с удельной энергией 2,25 × 10^4 Дж/м при частоте следования импульсов 420. При этом, отрицательные электроды одновременно выполняет функцию мешалки. Электрогидравлическое воздействие на обрабатываемую среду позволяет создать угольно-водную суспензию с необходимым гранулометрическим составом (50÷250 мкм) для сжигания в топках.



(19) KZ (13) U (11) 7116

Полезная модель относится к области топливной энергетики, в частности к способам приготовления жидкой суспензии на основе угля и воды, пригодного для сжигания в котлах, печах, а также в других энергетических установках. Способ может быть использовано при измельчении руды, в том числе кварца, волластонитовых руд и металлургического кремния, также для переработки трудно извлекаемых, находящихся в связанном состоянии с породой золотосодержащих продуктов с различным содержанием золота, отходов и заполнителей строительной индустрии (отходов стекла) и в других отраслях промышленности, где применяются дезинтеграция материалов.

Известен способ получения водоугольного топлива, включающий предварительный размол угля до частиц размером 6 мм, мокрый тонкий помол до получения суспензии с размером частиц 20 мкм, совместное измельчение этой суспензии с дробленым каменным углем до получения грубой фракции с размером частиц 60-300 мкм, в качестве угля, поступающего на мокрый тонкий помол, используют смесь бурого и каменного углей, и полученную суспензию делят на два потока, один из которых подают на совместное измельчение с дробленым каменным углем, а второй в гомогенизатор для получения целевого продукта (патент РФ №1796663 A1, кл. C10L 1/32, опубл. 23.02.93).

Однако, недостатком является подача двух разносортных углей (каменного и бурого) отличающихся теплотворной способностью, а также получаемое водоугольное топливо без предварительного подогрева не может поступать на прямое сжигание из-за недостаточно высоких теплотехнических свойств.

Известен способ приготовления кавитационного водоугольного топлива (КаВУТ) и технологическая линия для его осуществления [патент России №2380399, кл. C10L 1/32, опубл. 27.01.2010], позволяющий получить водоугольное топливо с использованием кавитационного воздействия, включающий приготовление щелочной воды, измельчение сухого угля, смешение их в смесителе и направление смеси в кавитационный диспергатор крупного помола, при дальнейшем прохождении через три кавитационных диспергатора мелкого помола.

Недостатками данного способа являются отсутствие точной массовой концентрации веществ, которая необходима для приготовления стабильного водоугольного топлива, а также отсутствие учета итоговой удельной теплотворной способности, и как следствие, относительно небольшая (по отношению к предлагаемому способу) удельная теплотворная способность получаемого топлива.

Наиболее близким способом тонкого измельчения материалов является изобретение «Электрогидравлический способ измельчения волластонитовой руды» (А.С. №17856, МПК B02C 19/00 (09), 2006). Способ измельчения руды содержит загрузочную горловину, барабанную мельницу, двух электродов, соединенные к высоковольтному накопителю энергии. Сущность способа состоит в том, что в барабанной мельнице устанавливаются рабочие электроды и внутри объема жидкой среды осуществляют высоковольтный электрический разряд, который сопровождается сверхвысокими гидравлическими давлениями. При осуществлении последовательного ряда импульсных разрядов в среде каждый последующий электрогидравлический удар возникает только после того, как кавитационная полость от предыдущего разряда успеет захлопнуться, что и определяет возможную максимальную частоту следования разрядов. Таким образом, воздействия, осуществляемые при получении энергии ударных волн, приводят к дроблению и измельчению материала.

Недостатком прототипа является невысокая эффективность измельчения, так как процесс дробления происходит только с одним рабочим электродом, который со временем изнашивается, что увеличивает энергетические затраты. Кроме этого, из-за крупности материалов подача неизмельченных продуктов лифтерами при совместном с мельницей вращении барабанного грохота поднимающаяся в верхнюю точку и самотеком сбрасывающая из коллектора в сборник в зоне рабочего электрода закрывает канал обратной подачи барабанной мельницы, что приводит к остановке установки.

Задача полезной модели состоит в разработке и создании установки, позволяющий оптимизировать процесс дробления и измельчения угля и создания угольно-водных суспензий для сжигания в топочных камерах теплоэнергетических установках.

Технический результат полезной модели достигается, за счет уменьшения энергетических затрат с помощью трех положительных электродов и создания в барабанной мельнице мощной ударной волны, сопровождающей электрические разряды в определенном частотном диапазоне. Электрогидравлическое воздействие на обрабатываемую среду позволяет создать угольно-водную суспензию с необходимым гранулометрическим составом (50÷250 мкм), для сжигания в топках.

Удельная энергия, подводимая к рабочему электроду, изменяется в диапазоне, от $0{,}75 \times 10^4$ Дж/м до $2{,}25 \times 10^4$ Дж/м, что позволит исследовать эффективность установки при получении необходимой угольно-водной суспензии.

По предлагаемому способу измельчается уголь и угольный шлам (некондиционный угольный продукт и др.), для получения угольноводного топлива.

На фигуре представлена схема устройства, реализующего предлагаемый способ.

Способ измельчения угля и шлама содержит загрузочную горловину 1, барабанную мельницу 2, три положительные 3 и отрицательные электроды 4 вмонтированные в барабанной мельнице одновременно выполняющий роль мешалки, соединенные высоковольтному накопителю энергии 5.

Предлагаемый способ также включает в себя барабанный грохот 6, который оснащен сеткой 7, сборник 8, лифтеры 9, решетку 10, сборник 11 и коллектор 12.

Способ измельчения угля (шлама) реализуется следующим образом.

Предварительно измельченный уголь (крупность частиц 10÷15 мм) поступает через загрузочную горловину 1 в барабанную мельницу 2, внутри которой установлены положительные 3 и отрицательные электроды одновременно выполняющий роль мешалки 4, соединенные высоковольтному накопителю энергии 5 подвергают его воздействиям ударной волны, возникающей при электрическом разряде в среде, где осуществляется процесс измельчения. Время пребывания материала составляет 3 мин.

При этом к рабочему электроду подводится удельная энергия, равная $2,25 \times 10^4$ Дж/м с частотой следования импульсов от 300 до 420 до возникновения электрического разряда между электродами 3 и 4 в течение 3 мин.

При увеличении удельной энергии повышается количества измельченных частиц угля от 250 мкм до 50 мкм и уменьшается первоначальная фракция (10÷15 мм), но при этом увеличивается доля частиц угля менее 20 мкм, уносящих потоком жидкости.

Измельченный угольный порошок через решетку 10 поступает в барабанный грохот 6, оснащенный сеткой 7. После классификации на грохоте 6 готовый продукт крупностью - 50÷250 мкм попадает в сборник 8 и подается в цикл разделения. Циркуляционный (надрешетный) продукт крупностью более 0,3 мм лифтерами 9 при совместном с мельницей вращении барабанного грохота поднимается в верхнюю точку и самотеком из коллектора 12 сбрасывается в сборник 11.

Электрогидравлическое воздействие в жидкой среде с частотой следования импульсов 300÷420 является наиболее эффективным для процесса измельчения угля и шлама. Это обусловлено тем, что при воздействии частотой следования импульсов 300÷420 в водной среде возникают ударные волны, а также из-за упругих соударений между угольными фракциями, которые измельчают пористую среду угольной продукции. Частотный диапазон установлен на основании экспериментальных исследований.

Если частота следования импульсов ниже 300 наблюдается некоторое уменьшение выхода необходимой фракции ввиду того, что необходимо увеличить вращение барабана для получения необходимой ударной волны.

Если частота следования импульсов превышает 480, увеличивается расход энергии, с одновременным износом положительных электродов.

Выбор величины удельной энергии $2,25 \times 10^4$ Дж/м электрического разряда установлены, на основании экспериментальных исследований и зависит от количества установленных положительных электродов.

Приведем несколько примеров, иллюстрирующих выбор указанного способа.

Пример 1. Уголь предварительно измельчают механической дробилкой (крупность частиц 10÷15 мм) и подают через разгрузочную горловину 1 в барабанную мельницу 2, внутри которой установлены электроды 3 и 4, после подвергают в течение 3 мин к воздействиям ударной волны с удельной энергией $0,75 \times 10^4$Дж/м при частоте следования импульсов 240. Выход готовой продукции диаметрами фракции (суспензии) 50÷250 мкм составляет 35,5% по отношению к сухой массе угля.

Пример 2. Электрогидравлический способ осуществляется по примеру 1, за исключением того, что уголь подвергают в течение 3 мин к электрогидравлическим воздействиям с удельной энергией $0,75 \times 10^4$ Дж/м при частоте следования импульсов 300. Выход готовой продукции диаметрами фракции (суспензии) 50÷250 мкм составляет 37,3% по отношению к сухой массе угля.

Пример 3. Электрогидравлический способ осуществляется по примеру 1, за исключением того, что уголь подвергают в течение 3 мин к электрогидравлическим воздействиям с удельной энергией $0,75 \times 10^4$ Дж/м при частоте следования импульсов 300. Выход готовой продукции диаметрами фракции (суспензии) 50÷250 мкм составляет 39,8% по отношению к сухой массе угля.

Пример 4. Электрогидравлический способ осуществляется по примеру 1, за исключением того, что уголь подвергают в течение 3 мин к электрогидравлическим воздействиям с удельной энергией $2,25 \times 10^4$ Дж/м при частоте следования импульсов 240. Выход готовой продукции диаметрами фракции (суспензии) 50÷250 мкм составляет 63,8% по отношению к сухой массе угля.

Пример 5. Электрогидравлический способ осуществляется по примеру 1, за исключением того, что уголь подвергают в течение 3 мин к электрогидравлическим воздействиям с удельной энергией $2,25 \times 10^4$ Дж/м при частоте следования импульсов 300. Выход готовой продукции диаметрами фракции (суспензии) 50÷250 мкм составляет 73,1% по отношению к сухой массе угля.

Пример 6. Электрогидравлический способ осуществляется по примеру 1, за исключением того, что уголь подвергают в течение 3 мин к электрогидравлическим воздействиям с удельной энергией $2,25 \times 10^4$ Дж/м при частоте следования импульсов 420. Выход готовой продукции диаметрами фракции (суспензии) 50÷250 мкм составляет 84,3% по отношению к сухой массе угля.

Пример 7. Электрогидравлический способ осуществляется по примеру 1, за исключением того, что уголь подвергают в течение 3 мин к электрогидравлическим воздействиям с удельной энергией $2,25 \times 10^4$ Дж/м при частоте следования импульсов 540. Выход готовой продукции диаметрами фракции (суспензии) 50÷250 мкм составляет 84,1% по отношению к сухой массе угля.

Пример 8. Электрогидравлический способ осуществляется по примеру 1, за исключением того,

что уголь подвергают в течение 3 мин к электрогидравлическим воздействиям с удельной энергией 2,5 × 10^4 Дж/м при частоте следования импульсов 240. Выход готовой продукции диаметрами фракции (суспензии) 50÷250 мкм составляет 71,7% по отношению к сухой массе угля.

Пример 9. Электрогидравлический способ осуществляется по примеру 1, за исключением того, что уголь подвергают в течение 3 мин к электрогидравлическим воздействиям с удельной энергией 2,5 × 10^4 Дж/м при частоте следования импульсов 300. Выход готовой продукции диаметрами фракции (суспензии) 50÷250 мкм составляет 75,7% по отношению к сухой массе угля.

Пример 10. Электрогидравлический способ осуществляется по примеру 1, за исключением того, что уголь подвергают в течение 3 мин к электрогидравлическим воздействиям с удельной энергией 2,5 × 10^4 Дж/м при частоте следования импульсов 300. Выход готовой продукции диаметрами фракции (суспензии) 50÷250 мкм составляет 80,1% по отношению к сухой массе угля.

Пример 11. Электрогидравлический способ осуществляется по примеру 1, за исключением того, что уголь подвергают в течение 3 мин к электрогидравлическим воздействиям с удельной энергией 2,5 × 10^4 Дж/м при частоте следования импульсов 420. Выход готовой продукции диаметрами фракции (суспензии) 50÷250 мкм составляет 82,3% по отношению к сухой массе угля.

Пример 12. Электрогидравлический способ осуществляется по примеру 1, за исключением того, что уголь подвергают в течение 3 мин к электрогидравлическим воздействиям с удельной энергией 2,5 × 10^4 Дж/м при частоте следования импульсов 600. Выход готовой продукции диаметрами фракции (суспензии) 50÷250 мкм составляет 83,7% по отношению к сухой массе угля.

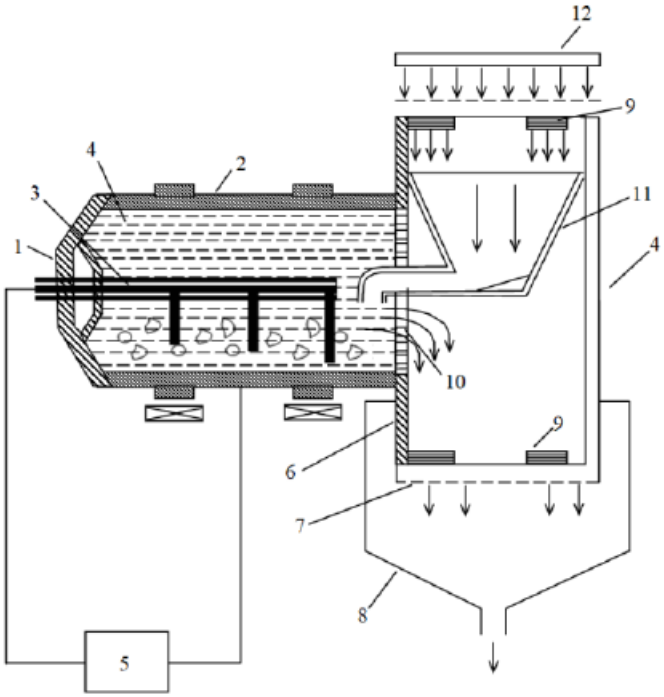
Во всех примерах основные электрические и геометрические характеристики электрогидравлической установки поддерживались одинаковыми.

Наиболее эффективное измельчение угля достигается при большей амплитуде ударной волны, сопровождающей электрогидравлический разряд в водной среде с удельной энергией 2,25 × 10^4 Дж/м при частоте следования импульсов 420 (пример 6).

Применение предлагаемого способа позволяет интенсифицировать технологический процесс дробления угля (шлама) и угольно-водное топливо (суспензия) может быть использована для сжигания в топочных устройствах (котлах, печах, а также в других энергетических установках) теплоэнергетических установках и систем.

ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ

Электрогидравлический способ измельчения руд и угля, включающий измельчение руды и/или угля в барабанной мельнице с загрузочной и разгрузочной горловинами посредством подводных искровых разрядов от отрицательного и положительного электродов, установленных в барабанной мельнице, классификацию измельченной руды, угольной фракции и возврат циркуляционного продукта, ***отличающийся*** тем, что измельчение осуществляют подводными искровыми разрядами посредством трех положительных и отрицательных электродов при удельной энергии 2,25×10^4 Дж/м и частоте следования импульсов 420, при этом отрицательные электроды одновременно выполняют функцию мешалки.



Верстка Ш. Дюсенбина
Корректор Г. Косанова

5