

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 2 (2025)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/NRPL3020>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Шокубаева З. Ж.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/LGFI6999>

**Н. С. Қаблбек¹, *А. Т. Байдилдина²,
Е. Б. Бутаков³, А. А. Кунапиянова⁴**

^{1,2,4}Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Өскемен қ.;

³Новосібір мемлекеттік университеті, Ресей Федерациясы, Новосібір қ.

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8691-9680>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3793-5817>

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4159-4469>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5240-3256>

*e-mail: azhaparova@edu.ektu.kz

ЖЭО СУ-КӨМІР ОТЫНЫН ПАЙДАЛАНУДЫ ЗЕРТТЕУ

Бұл мақалада пайдаланылатын отын қоршаған ортаға тек пайдалы ғана емес, сонымен қатар зиянды әсер ете алады деп қаралған. Қазіргі уақытта Қазақстанда мемлекеттің энергетикалық және экономикалық қауіпсіздігін қамтамасыз етудегі көмірдің рөлі мен орны қайта қарастырылуда. Бұл ретте елдің отын теңгеріміндегі көмір үлесінің ұлғаюы терең энергетикалық дағдарыстың туындауынан қорғаудың тұрақтандырушы факторы болып табылады. Алайда көмір отының пайдалану кезінде туындайтын экологиялық мәселелер жаңа экологиялық таза көмір технологияларын әзірлеуді және енгізуді талап етеді. Қоршаған ортаның ластануы халық денсаулығына теріс етеді, бұл бронх ауруларының өсуіне алып келеді. Қоршаған ортаны отынның жану өнімдерімен ластанудың жалпы көлеміндегі энергетикалық кәсіпорындардың үлесі жоғары. Экологияға ең көп зиянды жылу энергетикасы, қара және түсті металлургия, мұнай-газ саласы мен машина жасау кәсіпорындары келтіреді. Бұл мәселенің табиғат қорғау аспектісі болғандықтан, оны шешу үшін қазіргі отынға (көмірге) балама – су-көмір отыны ұсынылады. Бұл отынның осы түріне көшетін кәсіпорындар шығарындыларының құрамының өзгеруіне байланысты. Сондай-ақ, бұл отын жылу электр орталықтарында отын жағу үрдістерін оңтайландыру бойынша ең болашағы зор технологиялық шешімдердің бірі болуы мүмкін. Бұл отын

Қазақстанда кеңінен таралған жоқ. Мақалада осы отынның сипаттамалары егжей-тегжейлі сипатталған. Су-көмір отынды жағу тәсілдері қаралды.

Кілтті сөздер: Қазақстанның жылу энергетикасы, су-көмір отыны, су-көмір отынын дайындау, су-көмір отынын жағу, экология

Кіріспе

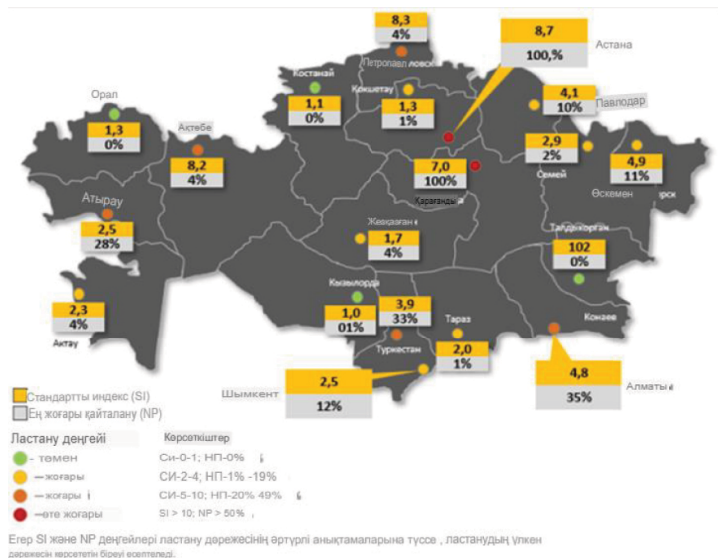
Әлемдегі үлкен көмір кен орындары оны су және дизель отыны бар композиттік отын ретінде пайдалануға мүмкіндік береді, бұл мұнай отынына сұранысты төмендетуге ықпал етеді. Бұл композит отынды жағу технологиясын өзгертпей әртүрлі жылу машиналарында, әсіресе зауыттық іштен жану қозғалтқыштарында пайдаланылады. Құрамында суда еріген шағын молекулалары бар көміртегі ұнтағы – су-көмір отыны (бұдан әрі – СКО) – электр станцияларында жоғары қуатты қозғалтқыштарда қолдануға арналған жақсы отын. Бұл бап физикалық қасиеттерін қоса алғанда, су көміртегі эмульсиясын алу туралы қажетті ақпаратты қамтиды және СКО-на теңіз суы буларының әсеріне назар аударады [1].

Бүгінгі таңда энергетика әдемдік экономикалық ілгерілеудің маңызды қозғаушы күштерінің бірі болып табылады, ал электр энергетикалық сала кез-келген елдің экономикасының негізгі салаларының бірі болып табылады және де мемлекеттің саяси, экономикалық және же әлеуметтік саласында маңызды рөл атқарады. Қазақстанның энергетикасына қазірдің өзінде оның өңдеуші секторын жедел дамыту және экономиканы әртараптандыру міндеті артып келе жатқан жүктемені жүктеп отыр. Сондай-ақ, энергетикаға түсетін жүктеменің өсу факторларының бірі Қазақстанда саны аз емес 60-қа жуық шағын қалалардың дамуы мен тіршілік ету мәселесі болып табылады. Бұл жағдайда олардың жылумен және электрмен жабдықау басты мәселе болып табылады. Энергетикалық және отын көздерінен өте алыс орналасқан шағын қалалардың стратегиялық демографиялық маңызы бар. Мәселен, әлемдік қаржы дағдарысы кезеңінде Қазақстанда өнеркәсіп салаларында өндіріс көлемінің төмендегені байқалды және соның салдарынан елдің өнеркәсіп секторының электр энергиясын тұтынуы төмендеді, оның үлесіне электр энергиясын тұтынудың жалпы көлемінің 68,7 %-ы тиесілі [2].

Қазіргі уақытта Қазақстанның жылу энергетиканың дамуы тұрғындар мен кәсіпорындарды сенімді және тұрақты жылумен қамтамасыз ету үшін маңызды мәселе болып табылады. Қазіргі таңда жылу энергетика электр энергиясын өндірудің көп бөлігін қамтамасыз ете отырып, елдің энергия жүйесінде маңызды рөл атқарады.

Қазақстанның жылу энергетикасында сапалы жылумен жабдықтауға әсер ететін елеулі мәселелер бар. Қазақстандағы электр энергиясының негізгі

үлесі көмірмен жұмыс істейтін жылу электрстанцияларында (бұдан әрі – ЖЭС) өндіріледі. Бұл елдегі ірі көмір кен орындары болуымен байланысты. Қазақстанда көмір генерациясы энергетикалық сектордағы парниктік газдар шығарындыларының негізгі көзі болып табылады. Сондай-ақ ЖЭС-дағы жабдықтардың едәуір бөлігі ескірген және тиімділікті арттыру және қоршаған ортаға келеңсіз әсерді төмендету үшін жаңғыртуды талап етеді.

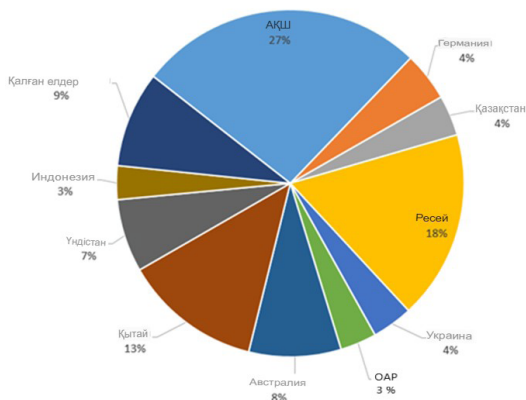


1-сурет – Қалалар бөлінісіндегі атмосфералық ауаның ластану деңгейі, тамыз 2024 жыл

Қазақстанда көмір энергетикасын дамыту энергетикалық саясаттың маңызды аспектісі болып қалуда. Қазақстан Республикасының үлкен көмір қоры бар, ол әлі де болса ел экономикасында маңызды рөл атқаруда, бұл ретте жаңа кен орындары игерілуде және жергілікті жобаланбаған көмірлер пайдаланылуда. Тұрақты дамуға және жаңартылатын энергия көздерін ықпалдастыруға көшіру энергетиканың дәстүрлі және жаңа түрлері арасындағы теңгерімді табу қажет. Экологиялық жағдайға әсер ету және көміртегі шығарындыларын азайту қажеттілігі басымдықты міндеттерге айналады. Қазақстанда көмір электр станцияларын жаңғырту жүргізілуде, бұл олардың тиімділігін арттырып қана қоймай, қоршаған ортаға келеңсіз әсерін төмендетуге мүмкіндік береді. Осы тұрғыдан алғанда, көмір энергетикасы өзінің әлеуетіне ие бола отырып, климаттық орнықтылыққа және энергетикалық тәуелсіздікке қол жеткізу жөніндегі стратегияның бір

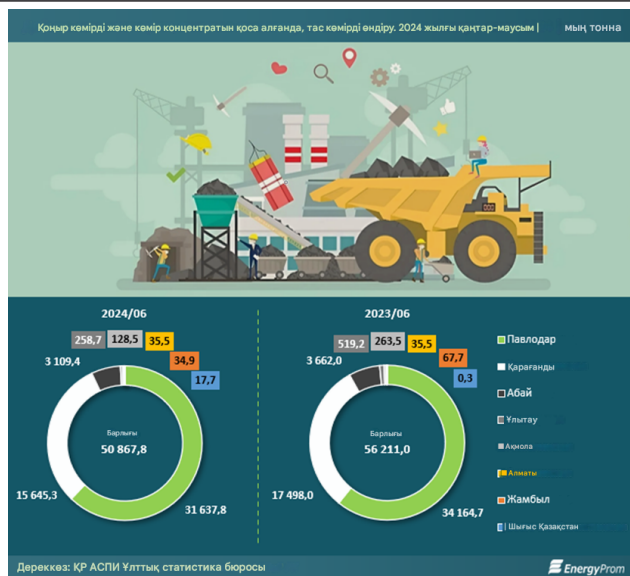
бөлігіне айналуы мүмкін.. Әлемдік тәжірибеде көмір де назарда қалып отыр, оны жағу тәсілдері әзірленіп, жетілдірілуде, зиянды шығарындыларды азайту бойынша жұмыстар жүргізілуде [6].

Қазақстанның көмір өнеркәсібі ел экономикасының негізгі салаларының қатарында орналасқан. Көмір қоры бойынша Қазақстан әлемдік деңгейде Қытай, АҚШ, Ресей, Аустралия, Үндістан, Оңтүстік Африка Республикасы және Украинадан кейінгі көшбасшы елдердің қатарына кіреді.



2-сурет – Көмірдің әлемдік зерттелген қорлары

Мемлекеттік теңгерімде 49 кен орнының қорлары көрсетілген, олардың жалпы көлемі 33,6 миллиард тоннаны құрайды, соның ішінде тас көмір – 21,5 миллиард тонна, ал қоңыр көмір – 12,1 миллиард тонна. Көмір кен орындарының көпшілігі Орталық Қазақстанда (Қарағанды және Екібастұз көмір бассейндері, сондай-ақ Шұбаркөл кен орны) және Солтүстік Қазақстанда (Торғай көмір бассейні) орналасқан, сурет 3, 2024 жылғы қаңтар-маусым деректері.



3-сурет – Өңірлер бойынша Қазақстандағы көмір қоры

Кокстенген көмірдің барлық теңгерімдік қорлары Қарағанды облысының аумағында орналасқан.

Республиканың едәуір өнеркәсіптік әлеуеті бар батыс және оңтүстік аудандарында көмір отынының өткір тапшылығы байқалады.

Сондай-ақ, көмірдің теңгерімдік қорлары ішкі сұранысты толығымен қанағаттандыруға және көмір өнімдерінің үлкен көлемін экспорттауға мүмкіндік береді.

Қазақстанның көмір өнеркәсібінің құрылуы мен дамуы, еліміздегі басқа салалар сияқты, КСРО-ның ыдырауынан кейін қиын кезеңдерді бастан өткерді [7].

Материалдар мен әдістері

Су-көмір отыны.

Дәстүрлі түрлерге балама болатын және шикізатты неғұрлым тиімді пайдалануға және өндірілетін жылу энергиясын арзандатуға мүмкіндік беретін отынның жаңа түрін құру және енгізу белгіленген мәселелерді шешудің бір жолы болуы мүмкін. Мұндай отын су-көмір отыны – бұл өте ұсақ ұнтақталған көмірді немесе көміртек құрамында бар бақа шикізатты сумен немесе су эмульсиясымен біріктіру арқылы алынатын отын түрі [8].

Жылумен жабдықтау жүйелерінде баламалы отындарды қолдану мәселелері дәстүрлі табиғи көмірсутектердің сарқылуына байланысты

өзекті болып табылады. СКО тиімді жылу техникалық және технологиялық параметрлеріне негізделіп, дәстүрлі органикалық отынға балама ретінде болашағы зор болып отыр. Мұнай өнімдерінің орнына СКО-ны пайдалану 1970-жылдардың басында әлемдік «мұнай дағдарысы» кезінде Қытай, Жапония, Швеция, АҚШ және басқа да мемлекеттерде белсенді түрде енгізілді. Қазіргі таңда Қытай мен Жапонияда СКО-на қатысты жұмыстар әлдеқайда кең ауқымда жүргізілуде.

1-кесте – СКО сипаттамалары.

Көрсеткіш	Мәні
Қатты фазаның (көмірдің) салмақтық үлесі, %	58-65
Гранулометриялық құрамы (100 % фракция), мкм	120-дан кем
Тығыздық, кг/м ³	1200-ге жуық
Қатты фазаның күлділігі (көмірдің маркасына байланысты), %	5-30

Кесте 2 жалғасы

Көрсеткіш	Мәні
Жанудың төменгі жылуы (бастапқы шикізат маркасына байланысты), ккал/кг	2300-4600
Жылжу жылдамдығы 81 с ⁻¹ кезіндегі тұтқырлығы, мПа·с	1000-ға дейін
Тұтану температурасы, °С	450-650
Жану температурасы, °С	900-1100
Статикалық тұрақтылық, тәул.: - қоспаларды қолданбай - қоспалар қолданылуы мүмкін - қоспалар мен қосымша оңдеуді қолдана отырып	5-10-ға дейін 10-нан бастап 30-дан бастап
Қату температурасы (қоспаларсыз), °С	0

Қытай Мегалополистерінде қатты көмірмен жұмыс істейтін қазандықтардың құрылуына және пайдаланылуына тыйым салынып, Қытай Үкіметінің мемлекеттік бағдарламасында мұнай-газdan СКО-ға кезең-кезеңімен көшу жөніндегі шаралар қарастырылған [9].

Көмірді тазарту технологиясы болып табылатын су-көмір суспензиясы (бұдан әрі – СКС) түрлі қазандықтар мен пештерде көмір негізіндегі таза сұйық отын ретінде қолданылады және мұнайды ауыстырады және Қытайда газдандыру үшін әлеуетті отыг болып табылады.

СКС өндіру кезінде тек деионизацияланған су ғана емес, сонымен қатар биохимиялық өндеуге қиын өнеркәсіптік ағынды сулар да пайдаланылуы мүмкін.

Осылайша, СКС өндірісі отын өндірісіне және қалдықтары бір мезгілде қайта өндеуге және қайта пайдалануға әкеледі [10].

Төмен сортты көмір жоғарғы күлділігімен және төмен жылу шығару қабілетімен сипатталады. Алайда көмір электр станцияларының газ түріндегі шығарындылары елеулі экологиялық мәселе болып табылады. Осыған байланысты СКО электр станцияларында пайдаланылатын қатты отынды әлеуетті алмастыру болып табылады, бұл зиянды газ тәріздес шығарындыларды төмендетуі мүмкін. Осы жұмыста СКО алдын ала тазартылған көмірден дайындалады. СКС-н дайындау үшін пайдалану алдында көмір флотацияға және тұнбаға, содан кейін күлділігін төмендету үшін көбікті флотацияға (33,5 %-дан 17,4 %-ға дейін) ұшырады. СКС-ның реологиялық қасиеттері зерттелді және тұрақтандырғыштардың, диспергаторлардың және температураның тұтқырлыққа әсері зерттелді. Талдау нәтижелеріне сәйкес көмір концентрациясының артуы оның тұтқырлығын арттырады. Егер көмір бөлшектерінің мөлшері кішірейсе, тұтқырлығы да ұлғаяды. Бұдан басқа, тұрақтандырғыштың шоғырлануы мен СКС-ның тұтқырлығы бір-біріне тура пропорционалды. СКС-н жағу бақыланатын жағдайларда жүргізілді, олар СКС-ның жану тиімділігі едәуір жоғары екенін (құрғақ көмірге қарағанда шамамен 21 %-ға көп), бұл ретте қосалқы өнім ретінде сутегі (көлемі бойынша 6 %) пайда болатынын көрсетті [11].

СКО майда дисперсиялы көмірдің, судың және бірқатар жағдайларда құрамында көмір бар – 59–64 % тұрақтандырушы қоспаның (пластификатордың) ұсақ дисперсті қоспасы болып табылады, су – 36–41 % (көмірдің ішкі ылғалдылығын ескере отырып). СКО-ның типтік жылу техникалық және реологиялық қасиеттері 1 кестеде келтірілген.

Бүгінгі күні су көмір суспензиясын алу технологиясы – қатты зат өлшенген (шөгіп қалмаған) күйінде сұйық затта ұсақ бөлшектер түрінде бөлінген заттар қоспасы неғұрлым белгілі болып табылады. СКС сыртқы түрі бойынша мазутқа ұқсас тұтқырлығы бар сұйық отынға жақын болып келеді және газ бен мазуттың орнына көмір мен газ-мазут қазандықтарында жылу мен электр энергиясын өндіру үшін қолданылуы мүмкін. СКО-ның бірнеше маңызды артықшылықтары бар:

Көмір қоқырларынан, қоңыр көмірден, тақтатастардан және шымтезектен отын дайындауға болады;

- Көмірдің толық жану тереңдігі жоғары (98 %-дан кем емес);
- Газдандыру арқылы жану ($\text{CO} + \text{H}_2$ пайда болу және жану);
- Тасымалдау мен сақтаудың жеңілдігі (СКС бар ыдыстарды қыздыру қажеттілігі мазутпен салыстырғанда 70 °C-тан 10 °C-қа дейін төмен болады).
- жарылыс және өрт қауіпсіздігі;

– қалдықтарды толық кәдеге жарату мүмкіндігімен азот және күкірт тотықтарының эмиссиясын төмендету;

– қазандардың құбыр бөлігінің жылу өткізгіштігін төмендететін қож пайда болу ықтималдығы едәуір төмендейді [12].

Мұнай мен газ қоры көмірге қарағанда бірнеше есе аз, сондықтан энергия ресурстарын тұтыну құрылымы міндетті түрде көмір тұтынуды арттыру бағытында өзгертін болады. Осы жағдайда көмір негізіндегі жаңа тиімді отын түрлерін әзірлеу маңызды болмақ, оларға СКО суспензиясы, соның ішінде кез келген көмірсутек шикізатының қоспалары (мұнай, спирттер, метанол және басқа жанғыш сұйықтықтар) жатады. СКО отыны дәстүрлі түрлерді – көмірді, мазутты, газды ауыстыруға, сондай-ақ көмір немесе мазутпен жұмыс істейтін өнеркәсіптік және тұрмыстық қазандықтардың экологиялық жағдайын жақсартуға арналған.

СКО физикалық қасиеттері бойынша қазандықтарда пайдаланылатын мазутқа жақын, сондықтан СКО газ, мазут және көмір ЖЭС-ларындағы жылу мен электр энергиясын өндіру үшін газ бен мазутқа ұқсас пайдаланылуы мүмкін. СКО ЖЭС-дағы дәстүрлі мазут пен көмірді пайдаланудың баламасы болып табылады. Көптеген жағдайларда жалынлатып немесе құйынды жағу пайдаланылады. СКО-ның физикалық-химиялық қасиеттері отынды жағудың тиімділігін 98 %-дан төмен емес мөлшерінде қол жеткізуге мүмкіндік береді. Көптеген зерттеулер мен өлшеулердің нәтижесінде СКО-ды жағу отынның көптеген басқа түрлерін пайдалануға қарағанда экологиялық таза және тиімді үрдіс болып табылатыны анықталды [13].

СКО-ның басты артықшылығы – оның арзандығы мен экологиялылығы. Silicate Systems жүргізген есептеулерге сәйкес, дайын отынның құны шартты отынның тоннасын қайта есептегенде мазут бағасынан сегіз есе төмен және оны өндіру орнындағы бастапқы көмір бағасының 15–20 %-нан аспайды (кесте). Сұйық көмір отынын қоқырлардан жасауға болады: осы себептен көмір өндірісінің қалдықтары қоңыр немесе тас көмірге қарағанда арзан.

2-кесте – Отындардың салыстырмалы сипаттамалары

Отын түрі	Жану пайызы	Бағасы (тг.)
СКО	95	4585
Көмір	60	15000
Газ	99	45158
Мазут	99	36000

СКО жаралысқа және өртке қауіпсіз болып келеді. Оны сақтау және тасымалдау технологиясы қарапайым және толық автоматтандырылуы мүмкін, ал айдау құбырлар арқылы мұнай сияқты жүзеге асырылуы мүмкін.

Қыста СКО тасымалданатын ыдыстар мазут цистерналарына қарағанда отын қалдықтарынан әлдеқайда оңай тазартылады. Сонымен қатар, қазандықтарды СКО-на ауыстыру әдетте жеті айдан аспайды, ал қажетті жабдықты ағынға қосқан жағдайда бұл мерзім екі есеге қысқарады. Жылу мен электр энергиясын өндірудегі үнемдеу үш-төрт қазандықтан тұратын қазандықты қайта жаңартуға жұмсалған шығындарды 2,5-жыл ішінде өтей алады.

Көмірді СКО-на ауыстырған кезде атмосфераға шығарылатын қатты бөлшектердің мөлшері 2,5–3 есе, азот оксидтері – 1,5–2 есе, күкірт оксидтері – 2–2,5 есе азаяды. Бұл өз кезегінде, отынның жану толықтығы 95 пайыздан төмен болмайтынымен түсіндіріледі. СКО жағылғаннан кейін негізінен жанбайтын минералды бөлшектерден тұратын ақ немесе сұр түсті конгломераттар түріндегі ұнтақ қалады. Әрине, қалдықтардың осындай төмен пайызы ұшпа күлді ұстау бойынша күрделі міндеттерді шешуді жеңілдетеді.

СКО-на қоқырларды қайта өңдеу көмір өндіру және тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық (бұдан әрі – ТҮКШ) салаларының кейбір басқа да мәселелерін шешуге мүмкіндік береді. Үйінділер мен тұндырғыштар алып жатқан жерлерді қалпына келтіру көмір шахталары мен бөлінісіндегі экологиялық жағдайды жақсартады [14].

Нәтижелер және талқылау

СКО жағу тәсілдері.

СКО, көмірден тұрса да, сұйық отын болып табылады және тұтқырлығы мазуттың тұтқырлығынан сәл ғана асады: шамамен 800... 1000 мПа·с мазутта 400... 440 мПа·с (44 мм²/с дейін) салыстырғанда. Бүгінгі таңда өртеудің келесі тәсілдерін бөліп көрсетуге болады:

- жанарғылар (ортадан тепкіш, форкамералық, аралас және т.б.) арқылы СКО-ды бере отырып, классикалық жалындатып жағу;
- қайнау қабатында жағу (толық немесе ішінара);
- СКО-ды газдандырумен жағу (толық немесе ішінара);
- отынның басқа түрлерімен: көмірмен газбен, мазутпен аралас жағу.

Ж.С. Ақылбаев профессоры атындағы инженерлік жылу физикасы кафедрасының жану зертханасында жүргізілген жану құрылғысының жұмыс үрдісінің негізгі компоненттерін зерттеу, аэродинамикалық үрдістердің айқындаушы рөлін анықтады, бұл жанармай мен тотықтырғышты берудің бірнеше газ динамикалық сызбалары бойынша жанарғы құрылғыларының түрлерін жіктеуге мүмкіндік берді. Оның үстіне әлемнің жетекші фирмаларының барлық дерлік жанарғы құрылғылары ауа ағынын бұрау сызбасы бойынша жұмыс істейді. Осыдан келіп шығатыны, тиімді жанарғы құрылғысын құру үшін отынның қажетті концентрациялық өрісі бар жылдамдықтардың кең диапазонында жанармай, тотықтырғыш және жану өнімдері ағынының тұрақты аэродинамикалық құрылымын (жылдамдықтар

мен жасанды турбуленттіліктің қажетті өрістері, тұрақты құйын түзілу жүйесі, тотықтырғыш ағынына жанармай ағынының ену тереңдігі және т.б.) қамтамасыз ету маңызды қоспалар.

СКО-ды жағу үшін отынды шашырататын қондырғы – бүріккіш маңызды орын алады. СКО-ды шашырату үшін, әдетте, олардың салыстырмалы құрылымдық және пайдалану қарапайымдылығына байланысты пневматикалық бүріккіштер пайдаланылады. Бүріккіштер бірқатар талаптарды қанағаттандыруы тиіс: отынның тиісті түрде бөлінуін қамтамасыз етуі, тамшы алауының берілген нысанын жасауы, отын шығынының ықтимал түрленуінің белгілі бір ауқымына ие болуы және т.б. СКО-ның жағу үшін пайдаланылатын бүріккіштерге қосымша талаптар қойылады. СКО 70 %-ға дейін қатты массасы (көмір) бар суспензияны білдіреді. Мұндай суспензияның тар арналар бойынша қозғалысы кезінде каналдардың жабылуы жиі болады. Бұдан басқа, көмір бөлшектерінің едәуір жоғары бытыраңқылығына және суспензияның илемділігіне қарамастан, СКО жоғары эрозиялық өнім болып табылады. Осыдан келіп, СКО-ына арналған жанарғылардың құрылмаларында тар арналар және қабырғаларға жақын отын қозғалысының үлкен жылдамдықтары болмауы тиіс. СКО бойынша алғашқы жұмыстарда белгілі жанарғы құрылғыларын шашыратқыш ретінде пайдалану әрекеті сәтсіз болды: олардың жұмыс ресурсы 30–40 сағаттан аспады. Соңғы жылдары зерттеушілер бүріккіштердің ресурсын арттыру мақсатында көп жағдайда тозуға төзімді материалдарды таңдау жолымен жүреді. Көптеген әдеби дереккөздерде газ және отын ағыстарының өзара әрекеті құрылғының өзінен тыс болатын бүріккіштің жаңа бірегей құрылымы ұсынылады, бұл оның қабырғаларының бұзылу дәрежесін едәуір төмендетеді [15].

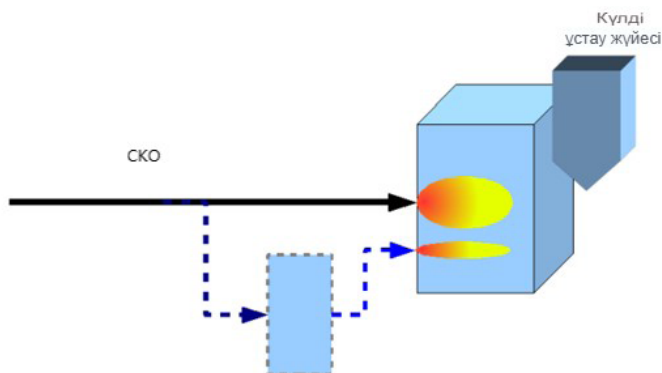
Жағу тәсілдерін жіктеу негізіне жанып жатқан отынды тотықтырғышпен жуу шарттарын айқындайтын үрдістің аэродинамикалық сипаттамасы жатады.

СКО-ды жағу классикалық сызба бойынша жүзеге асырылады: отын мазут сияқты шашыратқыш жанарғы арқылы қысыммен беріледі. СКО-ды тозаңдату сығылған ауамен немесе бумен жүргізілуі мүмкін, таңдау қазанның түріне және жұмыс жағдайларына байланысты анықталады.

СКО-ның тұрақты жануын қамтамасыз ету үшін қазанға генераторлық газ беру мақсатында СКО-ның бір бөлігін газдандыру кезеңі болуы мүмкін. СКО толықтай өз бетінше жағу тек бір ғана энергия көзін (көмірді) пайдалану арқылы отын шығындарын төмендетуге мүмкіндік береді.

СКО-ның алғаш қолдану кезінде СКО құрамындағы көмір бөлшектерінің абразивті тозуына төзімді жанарғыларды жасау мәселесі болған. Қазіргі таңда инженерлер тура ағынды жанарғыларды қолданудан бас тартып, олардың

тозуы 1500–2000 сағатқа дейін жететінін анықтаған. Жалындатып жағу кезінде қатты/сұйық арақатынасы, ұнтақтау жұқалығы (гранкұрам), сондай-ақ СКО-ның тұтқырлығы сияқты параметрлер, СКО-ның тұрақты тұтануы мен жануын сақтау және қазанның жоғары пайдалану сипаттамаларын (ПЭК, шығарындылар саны және т.б.) сақтау мақсатында жобалық мәндерге мүмкіндігінше жақын болуы тиіс [16].



4-сурет – СКО жалындатып жағу

Отынды жалындатып жағу да жоғары технологиялық тәсіл болып есептелуі мүмкін. Оны шаңға алдын ала ұсақталған отынмен (негізінен көмір пайдаланылады) ауаның қоспасы арнайы шаң жанарғыштармен берілетін камерада өндіреді. Көміртозанды ошақтардың жұмысы үшін қолданылатын жанарғыштардың құрылымының маңызы зор. Жанарғыштар отынды ауамен жақсы араластыруды, аэроқоспаны сенімді жағуды, от жағу камерасын алаумен барынша толтыруды қамтамасыз етуі және берілген шектерде өнімділік бойынша реттеуге оңай берілуі тиіс.

Артықшылықтары: барлық көмір сорттарын, соның ішінде қабатта жағу қиын және сапасы төмен көмірлерді тиімді әрі үнемді пайдалануға мүмкіндік береді. Бұл әдіс отынды ауамен жақсы араластырып, шамалы артық ауамен жұмыс істеуге мүмкіндік тудырады. Сонымен қатар, жұмыс тәртібін басқарудың қарапайымдылығы мен жағу үрдісін толық автоматтандыру мүмкіндігі де маңызды артықшылықтар болып табылады.

Кемшіліктері: технологиялық үрдісті едәуір қымбаттататын отынды арнайы дайындау қажеттілігі, сонымен қатар энергияны едәуір тұтынуды [17].

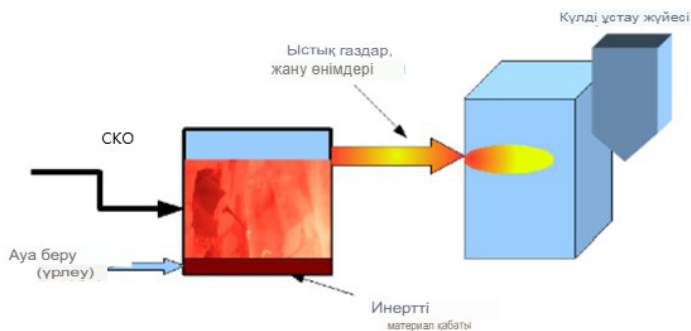
Қайнау қабатында СКО-ын жағу. Бұл тәсіл алдын ала қыздырылған (шамамен 900 °C дейін) инертті материал (әдетте - құм) қабатының үстінен

СКО-ды шашыратуды көздейді. Қыздырылған құм СКО-ды тұтатады, ал жану өнімдері газ жолдары арқылы жіберіледі.

Қайнау қабатында СКО-ды жағу дербес жағу ретінде пайдаланылуы мүмкін. Осы жағдайда қазанның айналасында жылу тасымалдағышты қыздыру үшін құбыр жүйесі орналатырылуы қажет.

Газ-мазутты қазандықтарды жаңғырту үшін СКО-ны пайдаланып, қайнау қабатында жағу арнайы жобаланған оттықта дербес жүзеге асырылуы мүмкін. Бұл жағдайда СКО-ны жағу қайнау қабаттың алдында жүзеге асырылады. Алғы ошақтан шығатын ыстық газдар, іс жүзінде, кәдеге жаратушы қазан ретінде шығатын қазанның оттығына түседі. Алғы ошақтың ішінде СКО-ды ішінара газдандыру мүмкін. Алынған генераторлық газ да алғы ошақтың ішінде жанады [16].

Қайнау қабатында жағудың бірқатар артықшылықтары бар. Қайнау қабатын пайдалану дәстүрлі отыннан басқа өнеркәсіптік және тұрмыстық қалдықтарды тиімді жағуға мүмкіндік береді. Бұл ретте бір қазандық агрегатында күлділігі, ылғалдылығы және жану жылуы әртүрлі отын маркаларын жағуға болады. «Ыстық» күйінен жылдам іске қосылуы мүмкін. 800–900 °С шегіндегі қабат температурасында азоттың термиялық тотықтарының түзілуі іс жүзінде жойылады, сорбент (әдетте әктас) қосу есебінен іске асырылатын күкірт тотықтарын байланыстыру үшін қолайлы жағдайлар жасалады. Бұл қатты отындарды қайнау қабатында жағу технологиясын неғұрлым экологиялық таза технологиялардың біріне айналдырады [18].



5-сурет – СКО қайнау қабатында жағу

Алғы ошық өлшемдерді төмендету мақсатында жоғары энергия жүктемесіне төзімді материалдардан жасалуы тиіс. Осыған байланысты көптеген жағдайларда қайнау қабаттың алғы ошағын пайдалану қуаты шамамен 5 МВт дейінгі қазандар үшін қолданылады. Көмірдің (күлдің)

минералды бөлігінің тікелей инертті материалға түсуі қосымша шектеуші фактор болып табылады, бұл оны кәдеге жаратуды қиындатады. Бұдан басқа, қазандық жұмысының тұрақты режимін қамтамасыз ету үшін құмның қайнаған қабатқа тұрақты тұрақты берілуін қамтамасыз ету қажет. Тәсілдің оң сипаттамаларына СКО-ның гранқұрамына сезімталдықтың төмендігі, сондай-ақ тозаңдататын бүріккішке қойылатын талаптардың төмендігі болып табылады [16].

СКО пайдаланудың тиімді бағыттарының бірі газдандыру болып табылады. Газдандыру мақсатында СКО-ын қолданудың артықшылықтарына мыналар жатады: оның жоғары энергия шығындарымен көмірді кептіру қажеттілігінің болмауы; газдандыру үрдісінде оттегіге қажеттілікті төмендету; су көмір отынын беру үрдісін тоқтаусыз автоматтандыру мүмкіндігі; үрдістің қауіпсіздігіне қойылатын талаптарды төмендету. СКО-ы үшін бұралған ағында ағынды автотермиялық газдандыру технологиясын пайдалану ұсынылады, бұл үрдістің жоғары қарқындылығын және көміртегі конверсиясының жоғары дәрежесін қамтамасыз етеді. Газдандыру үрдісінің негізгі параметрлерін анықтау мақсатында ауа және оттегімен үрлеу кезінде көмір отының (көмір 70 %, су 29 %, реагент-пластификатор 1 %) газдандыруға зерттеулер жүргізілді [19].

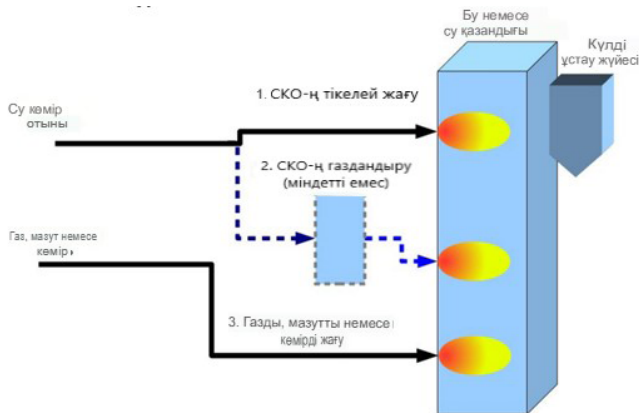
Қолданыстағы нысандарда отын пайдалану кезінде (мысалы, жаңғырту барысында) отын түрлерін біріктіру – газ, мазут немесе көмір – тиімді әдіс болып табылады. Бұл жағдайда СКО қазанға бір немесе бірнеше жанарғы арқылы жеткізіледі. Газ-мазут қазандығында қосымша отын (газ, мазут немесе шаң көмір) басқа жанарғылар арқылы беріледі. СКО мен газ немесе СКО мен мазуттың нақты арақатынасы қазандықтың аэродинамикалық және жылулық есебі негізінде анықталады.

Қабатты жағатын көмір қазандарында көмір әлі де мақсатты оттықтың үстінде орналасқан бір немесе бірнеше жанарғы арқылы беріледі.

Бұндай жағудың артықшылықтарына СКО-ның тұрақты жануын бір уақытта ұйымдастыру кезінде қазанды жаңғыртуға жұмсалатын ең аз шығындар жатады. Сонымен қатар, «жарықтандыру» қызметін көрсететін екінші отынның (газ, мазут, көмір) болуы СКО-ның жанарғысына қойылатын талаптарды жеңілдетеді.

Аралас әдістің кемшіліктері ретінде мазут пен СКО немесе газ бен СКО-ды қатар қолдану қажеттілігін атап өтуге болады.

Бұл тәуліктің әртүрлі уақытында отынның қандай да бір түрін пайдалану кезінде немесе жүктеменің маусымдық өзгеруіне байланысты қазан иелері үшін үлкен икемділікпен өтеледі [16].



6-сурет – SCO аралас жағу

Қорытынды

Қоршаған ортаның жұмыс істеуінің маңызды факторлары биосфераның тірі затты болып табылады, ол барлық заттардың дерлік табиғи айналымында елеулі рөл атқарады. Алайда, көптеген үрдістерде біз жылу энергетикасының тірі затқа тікелей әсерін бақылай алмаймыз, бірақ бұл әсерді қоршаған ортаның жекелеген компоненттеріне және жылу энергетикасының әсері барлық басқа антропогендік әсерлермен қалыптасатын жануарлар әлеміне әсер ету нәтижесінде ескеруге тиіспіз.

Жылу энергетикасы мен қоршаған ортаның арасындағы өзара қарым-қатынас отын-энергетикалық кешенінің барлық кезеңдерінде: жылу энергиясын өндіруден, қайта өңдеуден, тасымалдаудан, қайта құрылымдаудан және қолданудан байқалады. Бұл өзара әрекет литосфераның құрылымы және ландшафттарға әсер етумен, теңіздер, көлдер, өзердердің суын тұтыну мен ластау, жер асты суларының теңгерімін өзгерту, жылу бөлу, сондай-ақ жылу энергиясын алу, қайта өңдеу әрі тасымалдау әдістерімен байланысты ресурстардың пайдаланылуымен анықталады.

Қазақстан көмір кен орындарына бай, сондықтан экологиялық жағдайды жақсарту мақсатында жылу энергетикасы мен тұрғын үй-коммуналдық сектордың қазандық қондырғыларында пайдалану үшін әртүрлі көмір негізінде SCO-ды өндіру инфрақұрылымын дамыту аса маңызды және маңызды мемлекеттік мәселе болып табылады. SCO-ның пайдалану көмірдің жағу пайдасын ұлғайтуға, көмір қоқырларын іске жаратуды жақсартуға, энергетикалық қазандықтарда жұқа дисперсті көмір шаңының жарылыс қауіптілігін төмендету, сондай-ақ атмосфераға азот оксидтері мен күкірт

оксидтерінің шығаруын азайту мүмкіндігі бар. ТҮКШ қазандықтарын СКО-ына ауыстыру жобаларының өтелу мерзімі, әдетте, екі жылдан аспайды.

Жылу энергетикалық қондырғыларда қатты отынды жағудың негізгі қазіргі заманғы тәсілдерін қарап және сипатталатын технологиялардың артықшылықтары мен кемшіліктерін келтіре отырып және оларды жылу энергетикасында қолдану болашағын бағалай отырып, СКО-ды жалындатып жағу жоғары технологиялық тәсіл болып саналуы мүмкін деп айтуға болады.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Alaa M. Musalam, Abdel Fattah A. Qaraman** The thermal behavior of the coal-water-fuel (CWF) // Scientific Research Department Israa University, International Journal of Energy and Environmental Research. Gaza. – Vol.4. – No.3. – 2016. – P. 27–36.

2 **Когай, Г. Д., Тен, Т. Л., Иванов, В. Л., Дрозд, В. Г., Те, А. Л.** Опыт и перспективы развития теплоэнергетических ресурсов Казахстана. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. – Т. 1. – 2019. – 157–161 с.

3 **Манапова, Г. А., Бахтияр, Б. Т.** Взаимосвязь вредных веществ и экологического ущерба в теплоэнергетических центрах [Текст]. – Алматы : Вестник Казахской Академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. – № 2 (125). – 2023. – 437–443 с.

4 **Тихомирова, Т. И., Хомутов, С. А.** Влияние вредных выбросов ТЭЦ на атмосферу. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова. – 2019. – 282–286 с.

5 **Садыков, И. К.** Анализ и оценка экологического состояния Восточно-Казахстанской области. – Усть-Каменогорск : Международный научный журнал «Вестник науки». – № 4 (73). – Т. 3. – 2024. – 717–726 с.

6 **Дёмин, Н. А., Терзиев, А., Абильдинова, С. К., Камарова, С. Н., Сағдолдина, Ж. Б.** К вопросу сжигания непроектного топлива. – Семей : Вестник университета Шакарима. Серия технические науки. – № 3 (15). – 2024. – 258–264 с.

7 https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/Events/20100709-6RECA_S1_JTuleubaev_ru.pdf [Электронный ресурс].

8 **Синицын, А. А., Филиппова, Е. Н.** Исследование эффективности применения водоугольного топлива в качестве альтернативы традиционным видам топлива с разработкой программного средства для расчета процесса горения. – Пенза : Наука и Просвещение. – 2020. – 99–108 с.

9 **Узаков, Г. Н., Темирова, Д. У.** Преимущества использования водоугольного топлива в системах альтернативного топливоснабжения. – Карши: Альтернативная энергетика. Т. 8. – 2023. – 105–110 с.

10 **Dedi Li, Jianzhong Liu, Jinqian Wang, Qingcheng Bai, Jun Cheng, Kefa Cen.** Experimental studies on coal water slurries prepared from coal gasification wastewater [Text] // State Key Lab of Clean Energy Utilization, Zhejiang University, Hangzhou : Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering. – Vol.13. – Issue 1. – 2017. – P. 1–10.

11 **Vishal Khanpit, Sonali Pravin Tajane & Sachin A. Mandavgane** Experimental studies on coal-water slurry fuel prepared from pretreated low-grade coal [Text] // International Journal of Coal Preparation and Utilization, Nagpur. – Vol. 42. – Issue 3. – 2022. – P. 831–845.

12 **Морозов, А. Г.** Практические результаты сжигания водоугольного топлива [Текст]. – М. : Экологический вестник России, 2014. – 33–37 с.

13 **Липуга, Е. А. Калинихин, О. Н.** Расчёт валовых выбросов тепловой электростанции по результатам внедрения технологии сжигания водоугольного топлива. – Донецк : Донецкий национальный технический университет, 2017. – 117–121 с.

14 **Самойлова, А. В.** Водоугольное топливо как решение проблемы с экологией. – Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2018. – 307–308 с.

15 **Кусаинов, К., Сатыбалдин, А. Ж., Алпысова, Г. К., Танашева, Н. К., Глеубергенова, А. Ж., Толынбеков, А. Б.** Экспериментальный стенд для сжигания водоугольного топлива, полученного из шламов шубаркольских углей. – Караганда : Вестник Карагандинского университета. – №3 (75). – 2014. – 57–62 с.

16 https://lms.kgeu.ru/pluginfile.php?file=%2F17363%2Fmod_resource%2Fcontent%2F1%2F%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8%204.pdf [Электронный ресурс].

17 **Орлов, М. Е., Хисаметдинова, А. Ш.** Современные способы сжигания твердого топлива. – Ульяновск : Ульяновский государственный технический университет. – 2021. – 114–119 с.

18 **Башкова, М. Н., Казимиров, С. А., Темлянец, М. В., Багрянцев, В. И., Рыбушкин, А. А., Слажнева, К. С.** Практика и перспективы применения различных способов сжигания твердого топлива в теплоэнергетических установках. – Новокузнецк : Ульяновский Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – №2 (8). – 2014. – 24–32 с.

19 https://academik.at.ua/publ/cement/toplivo/vodougolnoe_toplivo/6-1-0-166 [Электронный ресурс].

REFERENCES

1 **Alaa M. Musalam, Abdel Fattah A. Qaraman** The thermal behavior of the coal-water-fuel (CWF) // Scientific Research Department Israa University, International Journal of Energy and Environmental Research. Gaza. – Vol.4. – No.3. – 2016. – P. 27–36.

2 **Kogai, G. D., Ten, T. L., Ivanov, V. L., Drozd, V. G. Te, A. L.** Opyt i perspektivy razvitiya teploenergeticheskikh resursov Kazakhstana [Experience and prospects of development of heat and power resources of Kazakhstan] // Sankt-Peterburgskii natsionalnii issledovatel'skii universitet informatsionnih tekhnologii, mehaniki i optiki. – Vol. 1. – St. Petersburg, Russia, 2019. – 157–161 p.

3 **Manapova, G. A., Bahtiyar, B. T.** Vzaimosvyaz vrednih veschestv i ekologicheskogo uscherba v teploenergeticheskikh tsentralyakh [The relationship of harmful substances and environmental damage in heat and power centers] // Vestnik Kazahskoi Akademii transporta i kommunikatsii im. M. Tinishpaeva. – №2 (125). – Almaty, Kazakhstan, 2023. – 437–443 p.

4 **Tihomirova, T. I., Homutov, S. A.** Vliyanie vrednih vibrosov TEC na atmosferu [Impact of hazardous emissions of thermal power plants on the atmosphere] [Text] // Belgorodskii gosudarstvennii tekhnologicheskii universitet im. V. G. Shuhova. – Belgorod, Russia, 2019. – 282–286 p.

5 **Sadikov, I. K.** Analiz i ocenka ekologicheskogo sostoyaniya Vostochno-Kazakhstanskoi oblasti [Analysis and assessment of ecological state of east Kazakhstan region] // Mezhdunarodnii nauchnii zhurnal «Vestnik nauki». – № 4 (73). – Vol. 3. – Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, 2024. – 717–726 p.

6 **Demin, N. A., Terziev, A., Abildinova, S. K., Kamarova, C. N., Sagdoldina Zh. B.** K voprosu szhiganiya neproektnogo topliva [To the issue of non-project fuel combustion] // Vestnik universiteta Shakarima. Seriya tekhnicheskie nauki. – №3 (15). – Semey, Kazakhstan, 2024. – 258–264 p.

7 https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/Events/20100709-6RECA_S1_JTuleubaev_ru.pdf [Electronic resource].

8 **Sinicin, A. A., Filippova, E. N.** Issledovanie effektivnosti primeneniya vodougolnogo topliva v kachestve alternativni traditsionnim vidam topliva s razrabotkoi programmno sredstva dlya rascheta processa goreniya [Study of the efficiency of using coal-water fuel as an alternative to traditional fuels with the development of software for calculating the combustion process] // Nauka i Prosveschenie. – Penza, Russia, 2020. – 99–108 p.

9 **Uzakov, G. N., Temirova, D. U.** Preimuschestva ispolzovaniya vodougolnogo topliva v sistemah alternativnogo toplivosnabzheniya [Advantages of using coal-water fuel in alternative fuel supply systems] // Alternativnaya energetika. – Vol. 8. – Karshi, Uzbekistan, 2023. – 105–110 p.

10 Dedi Li, Jianzhong Liu, Jinqian Wang, Qingcheng Bai, Jun Cheng, Kefa Cen. Experimental studies on coal water slurries prepared from coal gasification wastewater [Text] // State Key Lab of Clean Energy Utilization, Zhejiang University, Hangzhou : Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering. – Vol.13. – Issue 1. – 2017. – P. 1–10.

11 Vishal Khanpit, Sonali Pravin Tajane & Sachin A. Mandavgane Experimental studies on coal-water slurry fuel prepared from pretreated low-grade coal [Text] // International Journal of Coal Preparation and Utilization, Nagpur. – Vol. 42. – Issue 3. – 2022. – P. 831–845.

12 Morozov, A. G. Prakticheskie rezultati szhiganiya vodougolnogo topliva [Practical results of coal-water combustion fuels] // Ekologicheskii vestnik Rossii. – Moscow, Russia, 2014. – 33–37 p.

13 Lipuga, E. A. Kalinihin, O. N. Raschet valovih vibrosov teplovoi elektrostancii po rezul'tatam vnedreniya tehnologii szhiganiya vodougolnogo topliva [Calculation of gross emissions of thermal power plant by results of introduction of technology of water-fuel fuel injection] // Doneckii nacionalnii tehnikeskii universitet. – Donetsk, Ukraine, 2017. – 117–121 p.

14 SamoiloVA, A. V. Vodougolnoe toplivo kak reshenie problemi s ekologiei [Coal-water fuel as a solution to the environmental problem] // Dalnevostochnii gosudarstvennii agrarnii universitet. – Blagoveshchensk, Russia, 2018. – 307–308 p.

15 Kusainov, K., Satibaldin, A. Zh., Alpisova, G. K., Tanasheva, N. K., Tleubergenova, A. Zh., Tolinbekov, A. B. Eksperimentalnii stend dlya sjiganiya vodougolnogo topliva poluchennogo iz shlamov Shubarkolskih uglei [Experimental setup for the combustion of coal-water slurry fuel derived from coal Shubarkol] // Vestnik Karagandinskogo universiteta. – №3 (75). – Karaganda, Kazakhstan, 2014. – 57–62 p.

16 https://lms.kgeu.ru/pluginfile.php?file=%2F17363%2Fmod_resource%2Fcontent%2F1%2F%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8%204.pdf [Electronic resource].

17 Orlov, M. E., Hisametdinova, A. Sh. Sovremennie sposobi szhiganiya tverdogo topliva [Modern methods of solid fuel combustion] [Text] // Ulyanovskii gosudarstvennii tehnikeskii universitet. – Ulyanovsk. Russia, 2021. – 114–119 p.

18 Bashkova, M. N., Kazimirov, S. A., Temlyancev, M. V., Bagryancev, V. I., Ribushkin, A. A., Slazhneva, K. S. Praktika i perspektivi primeneniya razlichnih sposobov szhiganiya tverdogo topliva v teploenergeticheskikh ustanovkakh [Practice and perspectives of different ways to burn solid fuel in thermal power plants] // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo industrialnogo universiteta. – №2 (8). – Novokuznetsk, Russia, 2014. – 24–32 p.

19 https://academik.at.ua/publ/cement/toplivo/vodougolnoe_toplivo/6-1-0-166 [Electronic resource].

10.02.25 ж. баспаға түсті.

10.04.25 ж. түзетулерімен түсті.

03.06.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

*Н. С. Қаблбек¹, *А. Т. Байдилдина², Е. Б. Бутаков³, А. А. Қунапьянова⁴*^{1,2,4}Восточно-Казахстанский технический университет имени

Д. Серикбаева», Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск;

³Новосибирский государственный университет,

Российская Федерация, г. Новосибирск.

Поступило в редакцию 10.02.25.

Поступило с исправлениями 10.04.25.

Принято в печать 03.06.25.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ТЭЦ

В данной статье рассмотрено, что используемое топливо может оказывать не только благотворное, но и вредное воздействие на окружающую среду. В настоящее время в Казахстане происходит переосмысление роли и места угля в обеспечении энергетической и экономической безопасности государства. При этом увеличение доли угля в топливном балансе страны является стабилизирующим фактором защиты от возникновения глубоких энергетических кризисов. Однако экологические проблемы, возникающие при использовании угольного топлива, требуют разработки и внедрения новых экологически чистых угольных технологий. Загрязнение окружающей среды негативно влияет на здоровье населения, что приводит к росту бронхиальных заболеваний. Доля энергетических предприятий в общем объеме загрязнения окружающей среды продуктами сгорания топлива велика. Наибольший вред экологии наносят предприятия теплоэнергетики, черной и цветной металлургии, нефтегазовой отрасли и машиностроения. Так как данная проблема имеет природоохранный аспект, для ее решения предложена альтернатива существующему топливу (углю) – водоугольное топливо. Это связано с изменением состава выбросов предприятий переходящих на данный вид топлива. Также это топливо может быть одним из наиболее перспективных технологических решений по оптимизации процессов топливосжигания на ТЭЦ. Данное топливо не получило широкое распространение в Казахстане. В статье подробно описаны характеристики данного топлива. Рассмотрены способы сжигания ВУТ.

Ключевые слова: теплоэнергетика Казахстана, водоугольное топливо (ВУТ), приготовление ВУТ, сжигание ВУТ, экология.

N. Kablbek¹, *A. Baidildina², E. Butakov³, A. Kunapianova⁴

^{1,2,4}D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University,

Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk;

³Novosibirsk State University, Russian Federation, Novosibirsk.

Received 10.02.25.

Received in revised form 10.04.25.

Accepted for publication 03.06.25.

STUDY OF COAL-WATER FUEL USE AT CHP

This article considers that the fuel used can have not only favourable but also harmful effects on the environment. Currently, Kazakhstan is rethinking the role and place of coal in ensuring energy and economic security of the state. At the same time, increasing the share of coal in the country's fuel balance is a stabilising factor to protect against deep energy crises. However, environmental problems arising from the use of coal fuel require the development and implementation of new environmentally friendly coal technologies. Environmental pollution has a negative impact on public health, leading to an increase in bronchial diseases. The share of energy enterprises in the total volume of environmental pollution by fuel combustion products is high. The greatest harm to the environment is caused by enterprises of heat and power engineering, ferrous and non-ferrous metallurgy, oil and gas industry and machine building. Since this problem has an environmental aspect, an alternative to the existing fuel (coal) – water-coal fuel – is proposed for its solution. This is due to changes in the composition of emissions of enterprises switching to this type of fuel. Also this fuel can be one of the most promising technological solutions for optimisation of fuel combustion processes at thermal power plants. This fuel is not widely spread in Kazakhstan. The characteristics of this fuel are described in detail in the article. Methods of combustion of water-coal fuel are considered.

Keywords: heat power engineering of Kazakhstan, coal-water fuel (CWF), CWF preparation, CWF combustion, ecology.

Теруге 09.06.2025 ж. жіберілді. Басуға 30.06.2025 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 25,6. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректорлар: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс №4417

Сдано в набор 09.06.2025 г. Подписано в печать 30.06.2025 г.

Электронное издание

29.9 Mb RAM

Усл. печ. л. 25,6. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректоры: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4417

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

Е-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz