

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Қ. Тұрысов атындағы геология және мұнай-газ ісі институты

Химиялық процестер және өнеркәсіптік экология кафедрасы

Нуркасымова Айша Жанқызы

Атмосфераға ЖЭС зиянды шығарындыларын азайту жолдары

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Мамандығы: 5В060800 – «Экология»

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Қ. Тұрысов атындағы геология және мұнай-газ ісі институты

Химиялық процестер және өнеркәсіптік экология кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Химиялық процестер және
өнеркәсіптік экология

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд., доцент

 Кубекова Ш.Н.

«» 2022 ж.



«Атмосфераға ЖЭС зиянды шығарындыларын азайту жолдары»
тақырыбында

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B060800 – «Экология»

Орындаған

 А.Ж. Нуркасымова

Пікір беруші

Алматы энергетика және байланыс
университетінің «Инженерлік
экология және еңбек қауіпсіздігі»
кафедрасының меңгерушісі,
техника ғылымдарының кандидаты,
доцент

 А.А. Абикенова
«11» 05 2022 ж

Ғылыми жетекші

Техника ғылымдарының кандидаты,
сениор-лектор

 Г.Ж. Нурулдаева
«13» 05 2022 ж

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Қ. Тұрысов атындағы геология және мұнай-газ ісі институты

Химиялық процестер және өнеркәсіптік экология кафедрасы

5B060800 – «Экология»

БЕКІТЕМІН

Химиялық процестер және

өнеркәсіптік экология

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд., доцент

Кубекова Ш.Н.

2022 ж.



**Дипломдық жұмысты орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Нуркасымова Айша Жанкызы

Тақырыбы: Атмосфераға ЖЭС зиянды шығарындыларын азайту жолдары

Университет Ректорының 2021 жылғы «24» желтоқсан №489-П/Ө
бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: 2022 жылы «5» мамыр

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі

а) *Кіріспе. Дипломдық жұмыстың тақырыбын таңдауға негіз.*

б) *Негізгі бөлім. Өндіріс орнының қызметі мен жұмыстарымен танысу*

в) *Атмосфераға түсетін эмиссиялардың түрін және көлемін анықтау*

г) *Экономикалық және экологиялық жағынан тиімді болатын қондырғылар мен іс-шараларды ұсыну*

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі керек)

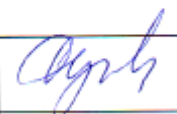
Сызбалық материалдар 24 слайдпен көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 7 атау

**Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ**

Бөлім атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімі	Ескерту
Кіріспе бөлімі	11.03.2022	
Материал және зерттеу әдістемесі	15.04.2022	
Зерттеу нәтижесі. Қорытынды	04.05.2022	

Дипломдық жоба бөлімдерінің кеңесшілері мен
норма бақылаушысының аяқталған жобаға қойған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолтаңба
Негізгі бөлім	Г.Ж.Нурулдаева т.ғ.к., сениор-лектор	13.05.2022	
Норма бақылаушы	А. Далбанбай т.ғ.м., сениор-лектор	11.05.2022	

Ғылыми жетекші  Г.Ж.Нурулдаева
(т.ғ.к., сениор-лектор)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  А.Ж. Нуркасымова

Күні «13» 05 2022 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыста Қазақстандағы ең ірі жылу электр станцияларның бірі «Екібастұз ГРЭС-1» ЖШС-інде өндірілетін көмір отынының атмосфераға шығарылатын ластаушы заттары қарастырылды. Жылу электр станцияларынан бөлініп шығатын эмиссиялар қоршаған ортаға және адам денсаулығына әсер етеді.

Жұмыс барысында, отынды жаққандағы процесте күкірт оксиді, азот оксиді және күл эмиссиялары ең қауіпті екенін анықталды. Сараптай келе, түзілген ластаушы заттардың көлемін азайтуға және қоршаған ортаға тигізетін әсерінің мөлшерін азайтуға қажетті, әрі тиімді іс-шаралар мен жаңа технологиялар ұсынылды.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе рассмотрены выбросы угольного топлива производства ТОО «Экибастузская ГРЭС-1», одной из крупнейших тепловых электростанций Казахстана. Выбросы тепловых электростанций воздействуют на окружающую среду и здоровье человека.

В ходе работы были установлены, что в процессе сжигания топлива наиболее опасными выбросами являются оксид серы, оксид азота и золы. В результате анализа были предложены необходимые и эффективные меры и новые технологии для снижения количества загрязняющих веществ и снижения их воздействия на окружающую среду.

ABSTRACTION

In the diploma work were considered emissions from coal production of LLP "Ekibastuz GRES-1", one of the largest thermal power plants in Kazakhstan. Emissions from thermal power plants affect the environment and human health.

During the work were established that in the process of burning fuel the most dangerous emissions are oxides of ash, nitrogen oxides and ash. The results of the analysis were proposed as necessary and effective measures and new technologies to reduce the amount of pollutants and reduce their impact on the environment.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
Негізгі бөлім	10
1 Қазақстандағы «Екібастұз ГРЭС-1» ЖШС-і	10
1.1 «Екібастұз ГРЭС-1» ЖШС туралы жалпы мәлімет	10
1.2 Ауданның жалпы климаттық сипаттамасы	10
1.3 ЖЭС-те пайдаланылатын отын түрлері	11
2 «Екібастұз ГРЭС-1» ЖШС-ның жұмыс істеу процесі	13
2.1 Станцияға көмірдің келу технологиясы	13
2.2 Қазандықтардан кейін судың буға айналуы	14
2.3 Энергия өндіруің соңғы кезеңдері	15
3 Жылу электр станцияларынан бөлініп шығатын ластаушы заттары	17
3.1 «Екібастұз ГРЭС-1» ЖШС-інде қолданылатын отын	17
3.2 Жылу электр станцияларында көмірді жаққан кездегі физика-химиялық өзгерістер	18
3.2.1 Отынның ылғалдылығы	19
3.2.2 Ұшпалы заттардың пайда болуы	20
4 Көмір отынын жағу кезінде пайда болатын зиянды заттардың түзілуін сипаттайтын теңдеулер	21
4.1 Атмосфераға зиянды заттардың шығаруларын есептеу	21
5 Түзілген эмиссиялардың қоршаған ортаға және адам денсаулығына әсері	25
5.1 Күкірт диоксиді	25
5.2 Азот тотығы	25
5.3 Түзілген күлдің адам денсаулығына әсері	26
6 ЖЭС зиянды шығарындыларын азайту шаралары	28
6.1 Көмір құрамындағы қатты бөлшектерді ұстау технологиялары	28
6.2 Қатты бөлшектердің шығарындыларын азайту үшін қолданылатын технологиялар	29
Қорытынды	32
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	33

КІРІСПЕ

Қазіргі таңда, заманымыздың қарқынды дамуымен, халықтың тез өсуі мен технологияның қарқынды дамуына байланысты жер бетіндегі жағдай түбегейлі өзгерді. Соңғы уақыттағы және осы таңдағы өзгерістерді салыстыра отырып, антропогендік процесстердің ауқымы бүткіл географиялық қабықты алғанын көреміз.

Жоғары индустриалды қоғам адамзаттың техникалық құралдар, өндіріс орындарын іске асыру процесстерін дамытып, қоршаған ортаға зиян келтіруіне бастама берді. Бұл бастаманың көлемі көбейіп, қазіргі адамзат үшін жаһандық сипатқа ие болды.

Сол жаһандық мәселелердің бірі атмосфераның ластануы. Атмосфералық ауа жер бетіндегі газдар мен аэрозольдердің қоспасы мен тіршілік әрекетін қолдайтын негізгі табиғи орта болып табылады. Оның ластануы бүкіл тіршілік жүйесін, флора, фауна, гидросфера, жер бедері қабаттарының күрт бұзылуына әкеледі.

Ауаның ластануының ең күшті факторларының бірі – өндіріс орындары. Бірақ өндіріс орындары бізді энергия, жылу көздерімен қамтамасыз етіп отырғаны – факт. Айта кеткенде, жылу энергия станциялары өндіріп жатқан энергия көзі өмірімізде үлкен рөл ойнап жатқаны айтарлықтай үлкен. Өндіріс орындарындағы жағу, өртеу, шахталық қақпандар, карьер жұмыстары, турбореактивті қозғалтқыштардың аэрозоль, күкірт оксиді, көмірқылқыл газы, азот тотығы, фторкөміртектерінің шығарындыларының тек атмосфера ластануына ғана емес, озон қабатының бұзылуына да әкеліп жатыр.

Жылу электр станциялары шығаратын жану өнімдерінің барлық қауіптілігін ескере отырып, оған экологиялық қадағалау шарттары қатты бақылану керек. Мүмкін, жаңа шығарындыларды азайту жолдары қарастырылып немесе сол тазалау іс-шараларын әрі қарай дамытып, жаңа тәсілдерін қолдана білуіміз керек.

Дипломдық жұмыстың мақсаты. Атмосфераға шығып жатқан ЖЭС зиянды, ластаушы заттарын қарастыру және оларға үздік технологияларды, жаңа іс-шараларын ұсыну. «Екібастұз ГРЭС-1» ЖШС мысалында ЖЭС толық жұмыс істеу процесстерін және өндіріс орнынан шығатын эмиссияларды зерттеу.

Дипломдық жұмыстың міндеттері:

- «Екібастұз ГРЭС-1» ЖШС жұмыс істеу технологиялық тізбегін зерттеу;
- Мекеменің атмосфераға шығатын ластаушы заттарын анықтау;
- Жылу станцияларынан шыққан эмиссиялардың көлемін есептеу;
- «Екібастұз ГРЭС-1» ЖШС ластаушы заттарын төмендету іс-шараларын ұсыну.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

1 Қазақстандағы «Екібастұз ГРЭС-1» ЖШС-і

1.1 «Екібастұз ГРЭС-1» ЖШС туралы жалпы мәлімет

«Екібастұз ГРЭС-1» ЖШС - Қазақстанның Павлодар облысы Екібастұз қаласындағы Қазақстандағы ең ірі жылу электр станциясы. Екібастұз ГРЭС-1 — нің жобалық белгіленген қуаты-4000 МВт, 2021 жылғы жағдай бойынша нақты белгіленген қуаты — 3500 МВт.

Екібастұз ГРЭС-1-нің алғашқы объектілерінің құрылысы 1974 жылғы қаңтарда басталады.

Электр станциясы Павлодар облысы, Екібастұз қаласынан солтүстікке қарай 16 км жерде, Женгелді көлінің солтүстік жағалауында орналасқан. Станция Екібастұз отын-энергетикалық кешенін (ОЭК) құру бойынша КСРО жобасы шеңберінде салынды. Станцияның орналасқан жері оның Қазақстанның негізгі көмір өндіруші разрездеріне жақындығын анықтады (шығысқа қарай 25 км жерде әлемдегі ең ірі "Богатырь" разрезі орналасқан). Станцияны сумен жабдықтау көзі Женгелді көлінің қазаншұңқырында құрылған және "Сәтпаев атындағы Ертіс-Қарағанды" каналынан сумен толтырылатын су қоймасы болып табылады [9].

1996 жылы «Екібастұз ГРЭС-1» ЖШС-ін AES америкалық энергетикалық компаниясы сатып алды. Станцияны сатып алғаннан кейінгі бірінші жылы қызметкерлер саны шамамен 2500-ден 1000-ға дейін, кейінірек 700-ден аз болды. Бұл ретте жалақы уақтылы төлене бастады (айына 2 рет), станцияда жұмыс істейтіндерді әлеуметтік қамтамасыз ету жақсарды. Сонымен қатар, жөндеу жұмыстарын жүргізуге және энергия блоктарының сенімділігін арттыруға қаражат бөлінді.

2012 жылы станцияда 20 жылдан астам уақыт тұрып қалған № 8 энергоблок іске қосылды. 2014 жылы № 2 блокты қалпына келтіру аяқталды (қуаты 550 МВт турбогенератор 2013 жылдың наурызында сыналды, ал төмен қысымды үш жылытқышты 2014 жылдың қыркүйегінде Атомэнергомаш зауыты тиеді, ал 2016 жылы — № 1 блокты қалпына келтіру жоспарлануда.

2018 жылғы жағдай бойынша 7 энергоблок жұмыс істеуде. Станцияда өндірілген электр энергиясының шамамен 20 пайызы Ресейге жеткізіледі, қалған бөлігі Қазақстанның энергетикалық нарығына таратылады [9].

1.2 Ауданның жалпы климаттық сипаттамасы

Екібастұз қаласының аймағы Павлодар қаласының оңтүстік-батысында орналасқан. Аудан солтүстік-батысында Ақмола, оңтүстік-батыста Қарағанды облыстарымен, солтүстікте Ақтоғай, оңтүстіктее Баянауыл және солтүстік — шығыста Павлодар облысының Ақсу аудандарымен шектеседі.

Аймақтың климаты шұғыл континенттік. Екібастұздың аумағы мұхиттан өте шалғайда орналасқан және батыс пен солтүстіктен соққан желдерге ашық, бұл ауа-райы жағдайында айтарлықтай контрастқа ықпал ететін әртүрлі сипаттағы ауа массаларының түсу мүмкіндігін тудырады. Бұл аймақ аязды, қысы орташа қатал, жазы жылы болып келеді.

Ауаның орташа жылдық температурасы $+2,9^{\circ}\text{C}$. Абсолютті максималды ауа температурасы $+41^{\circ}\text{C}$. Абсолюттік минималды ауа температурасы -43°C . Ең ыстық айдың орташа температурасы $+21,60^{\circ}\text{C}$.

Топырақтың қатуының нормативтік тереңдігі: саздар – 1,92 м; сазды құмдар және майда, шанды құмдар - 2,3 м; орташа, ірі және қиыршық тасты құмдар - 2,5 м; ірі топырақтар – 3,26 м.

Жауын-шашынның жылдық орташа мөлшері 269 мм, оның ішінде қыста 77 мм, жазда 192 мм. Қар жауған күндер саны 143, желдің орташа жылдамдығы 4,3 м/с, ауаның орташа салыстырмалы ылғалдылығы 65%[9].

Тұрақты су ағысы – Ертіс-Қарағанды каналы. Ұзындығы бойынша арна су қоймалары болып табылатын жеке шағын көлдерді байланыстырады. Канал Ертіс өзенінің суымен, аздап атмосфералық жауын-шашынмен және жер асты суларымен қоректенеді[9].

Өңірдегі топырақтардың негізгі түрі жеңіл каштанды аздаған қарашірікті топырақтар болып табылады. Шұңқырлардағы құнарлы топырақ қабатының топырақ қалыңдығы 15-40 см, кейде 50 см-ге дейін жетеді.

Егіссіз дала аумақтары – қауырсынды, бетегелі, жусанды және сирек кездесетін ұсақ қарағанды өсіретін жусанды-сазды-шөпті дала өсімдіктері бар жайылымдар.

1.3 ЖЭС-те пайдаланылатын отын түрлері

Отын деп жану кезінде жылуды едәуір мөлшерде бөлуге қабілетті кез келген затты атауға болады. Отынның практикалық мақсаттылығы оның сандық қоры, өндірудің қарапайымдылығы, жану жылдамдығы, жылулық құндылығы, ұзақ сақтау мүмкіндігімен және жану өнімдерінің адамдарға, өсімдік пен жануар дүниесіне қауіпсізділігімен анықталады.

Химиялық энергияның бөліну процесі отынның тотығу реакциясы болып табылады. Сондықтан химиялық отындар жанғыш және тотықтырғыш қасиеттерінен тұрады.

Жанғыш отындар органикалық және бейорганикалық болып табылады. Екеуі де қатты, сұйық және газ тәрізді болуы мүмкін. Тотықтырғыштар - бұл толтырылмаған сыртқы атомдық қабықшалары бар элементтерді қамтитын заттар, мысалы, оттегі – екі электроны жоқ, фтор және хлор – әрқайсысында бір электроннан [8].

Энергетика саласында жылу электр станцияларында (ЖЭС) электр энергиясын өндіру үшін негізінен органикалық отын пайдаланылады. Отынның

барлық түрлерінің құрамында, аз мөлшерде басқа химиялық заттар бар көмірсутекті қосылыстардан тұрады.

Қатты отын түріне: антрацит, қатты және қоңыр көмір, шымтезек, отын, тақтатас, ағаш кесетін және ағаш өңдеу цехтарының қалдықтары, сонымен қатар ауыл шаруашылығы өндірісінің өсімдік қалдықтары – сабан, қауыз, шынғолақ және т.б. жатады.

Қатты отын негізінен жылу электр станцияларында электр энергиясын өндіруге, жылу және өнеркәсіптің технологиялық қажеттіліктеріне және аз мөлшерде кеме және локомотив қозғалтқыштарында қолданылады.

Сұйық отын түріне мұнай, сонымен қатар оны өңдеуде бөлініп шығатын өнімдері: бензин, керосин, нафта қалдық өнімі – мазут жатады. Қатты отынды өңдеу кезінде жасанды сұйық отын және жанғыш шайырлар, сонымен қатар майлар алынады.

Сұйық отынның 70%-ға дейін және одан да көп бөлігі көліктерде – авиацияда, автомобильдерде, тракторларда, кемелерде, темір жол көлігінде (тепловоздарда) пайдаланылады, 30%-ға жуығы жылу электр станцияларында мазут ретінде жағылады, себебі шикі мұнай қазандықтарда отын ретінде пайдаланылмайды.

Газ тәріздес отындарға жер қойнауынан алынатын табиғи газ, ілеспе мұнай газы, металлургиялық өндірістің газ тәрізді қалдықтары (кокс пен домна газы), крекинг газы, сондай-ақ арнайы газ генераторларында қатты отыннан жасанды түрде алынған генераторлық газ жатады [8].

2 «Екібастұз ГРЭС-1» ЖШС-ның жұмыс істеу процесі

2.1 Станцияға көмірдің келу технологиясы

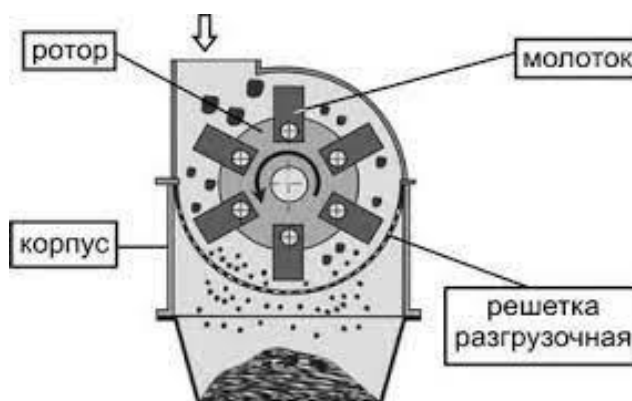
Электр станцияның негізгі қозғаушы күші – энергия, яғни отын түрі болады. «Екібастұз ГРЭС-1» ЖШС-інде отын ретінде негізінен, арзан Екібастұз көмірі пайдаланылады. Станцияға отын 1976 жылы 15 наурызда құрылған №3 көмір қабатының Ертіс 5/6 (қазіргі таңда «Богатырь» тілімі) № 3 қабатының көмір тілімі таңдалып, қазіргі уақытқа дейін осы өңірде өңделетін көмір тасымалданады. «Богатырь» тілімі Қазақстанда да, Ресейде де орналасқан топтың және үшінші тұлғалардың қуат өндіретін объектілеріне көмірді нарықтық шарттар бойынша жеткізеді [10].

Электр станциясына қатты отын теміржол құрамдарымен, вагондар арқылы тасымалданады. «Екібастұз ГРЭС-1» станцияның номиналды жүктемесі кезінде тәулік бойына 50 000 тоннадан астам көмір жағады. Көмірді қабылдау және түсіру ВРС-125 (1 сурет) типті тиегіш вагон құрылғылары арқылы жүзеге асырылады, электр станциясында ондай вагондардың 4 құрылғысы бар. Отынды кәсіпорында тасымалдау жолы келесі схемалар бойынша жүзеге асады: вагоннан қазандыққа, агрегаттарға, қазандыққа және вагоннан көмір қоймасына аударғыштарға [8].



1 сурет - ВРС-125 құрылғысы

Көмірді тиегеннен кейін, әрі қарай 350x350мм диаметрлі торлы-ұяшықтары бар қабылдау бункерлеріне түседі. Торларда қалып қалған көмірдің үлкен кесектері ұсақталып, ұсақтау және фрезерлік станоктарға итеріледі. Қабылдау бункерлерінен кейін, көмір ленталы тасу қондырғысына беріледі. Қазандықтарға жеткізілетін көмір алдымен балғалы-ұнтақтағыштардан (2-сурет) өтеді, онда үлкен диаметрлі кесектерді 25 мм-ге дейін ұсақтайды. Балғалы-ұнтақтағыштың өнімділігі сағатына 600-800 тоннаны құрайды. Ұсақтау қондырғысынан кейін көмір қазандықтарға түседі.



2 сурет - Балғалы-ұнтақтағыш қондырғысы

2.2 Турбиналық цех

Әр қазандықтың ішінде су жоғары қысымды буға айналатын екі симметриялы босату білігінің конвективті жылыту беттері орналасқан. Қазандықтардың темтурасы соншалықты жоғары болғандықтан, тіпті металлдарды ерітіп жібереді. Әрбір қазандық 8 қысымды диірменмен жабдықталған.

«Екібастұз ГРЭС-1» ЖШС-ы, «Подельский машина жасау» зауытында жасалған 8 бу қазандығымен жабдықталған (3 сурет). Агрегаттардың қазандығының схемасы Т-тәрізді, қазандықтың өзі қондырғы қазанының қабырғаларында және конвекциялық біліктерде орналасқан, қыздыру беттерінің оттықтары мен құбырлары бар жану камерасынан тұрады. Су қазандықтың жылыту беттерінің құбыр жүйелеріне қоректік сорғылар арқылы жоғары қысыммен беріледі. Жану камерасында отынды жағу процесінде су қызады және жоғары қысымды буға айналады. Бу қатты қыздырғыштарда қызып, бу турбинасына жіберіледі [10].



3 сурет - «Екібастұз ГРЭС-1» ЖШС-ында орналасқан «Подельский машина жасау» зауытының қазандығы

Бу турбинасы мен генератор тұтастай турбогенераторды құрайды. Болат Нұржанов атындағы «Екібастұз ГРЭС-1» ЖШС энергоблоктарында «Харьков турбина зауытының» №1-4 стационарлық нөмірлі К500-240 сериялы турбиналарын (4 сурет) және «Ленинград металл зауытының» №5-8 стационарлық нөмірлі турбиналарын қолданады. Турбиналар кәсіпорындағы барлық 8 энергоблокқа орналастырылған, және олардың әрқайсысында жетек білігі генераторға қосылған. Бағыттаушы қалақшалар арқылы өтетін бу ағыны жоғары, орташа немесе төмен қысымды цилиндр сатылары арқылы енеді. Саптамадан өткен кезде бу қысымы төмендейді, ал көлемі артады, бұл оның жылдамдығының едәуір артуына, демек оның кинетикалық энергиясының жоғарылауына әкеледі. Осылайша, бу роторды 3000 айн / мин жылдамдықпен айналдырады.



4 сурет - «Харьков турбина зауытының» №1-4 стационарлық нөмірлі К500-240 сериялы турбиналары

2.3 Энергия өндіруің соңғы кезендері

Турбинадан шыққан бу конденсаторға түседі, онда бу жиналып, конденсатқа айналады, ол жоғары және төмен қысымды регенерациядан кейін қазандықтарға қайтады түседі. Бұл процесс бу турбинасында жабық контурлы цикл жасайды. Бу турбинасының білігі генератор білігіне қатты қосылған, генераторда турбина білігінің айналуының механикалық энергиясы электр энергиясына айналады. Үш фазалы, синхронды турбогенератор екі негізгі бөліктен тұрады: стационарлық статор және айналмалы ротор, ротордың айналу жиілігі 3000 айн/мин. Статор орамының шығысындағы кернеу 20 кВ, турбогенератордың номиналды қуаты 500 МВт. Генераторлардан кейін кернеуді 500 кВт арттыратын трансформаторлар орнатылды [10].

Бу турбинасының білігі генератор білігімен тығыз байланысты, генераторда турбинаның білігінің механикалық айналу энергиясы электр энергиясына айналады. Үш фазалы, синхронды турбогенератор екі негізгі

бөліктен тұрады: бекітілген статор (5а сурет) және айналмалы ротор (5ә сурет), ротордың жылдамдығы минутына 3000 айналымды құрайды. Статор орамасынан шығу кернеуі 20 кВ, турбогенератордың номиналды қуаты 500 МВт құрайды. Генераторлардан кейін 500 кВ кернеуді арттыратын трансформаторлар орнатылады.



5 сурет – а - статор, ә - ротор

Трансформаторлар (6 сурет) ашық ауада орнатылады, электр энергиясын қабылдау және оны басқа электр қондырғылары арасында одан әрі бөлу электр станциясының электр тарату құрылғыларымен жүзеге асырылады. Электр станциясында Қазақстанның Бірыңғай энергетикалық жүйесінің жүктемелерін қоректендіруге арналған екі тарату құрылғысына энергия тарайды, олар: 500 кВ сыртқы тарату құрылғысы және 220 кВ сыртқы тарату құрылғысы [3].



6 сурет – Трансформатор

3 Жылу электр станцияларынан бөлініп шығатын ластанушы заттары

3.1 «Екібастұз ГРЭС-1» ЖШС-інде қолданылатын отын

Жылу электр станциялары салыстырмалы түрде арзан органикалық отынмен жұмыс істейді – көмір мен мазут. Бүгінгі таңда дүние жүзінде негізгі энергетикалық ресурстар көмір (40%), мұнай (27%) және газ (21%) болып табылады. Кейбір бағалаулар бойынша бұл қорлар сәйкесінше 270, 70 және 50 жылға жетеді [3].

Атап өткендей, «Екібастұз ГРЭС-1» ЖШС-іне Екібастұз «Богатрь» көмір алқабында өндірілетін арзан отын түрі - көмір жағылады. «Богатырь» көмір кесіктері Екібастұз 1-ГРЭС-тен 35 км және Екібастұз 2-ГРЭС-тен 53 км қашықтықта (темір жол бойынша қашықтық) орналасқан, көмірді тасымалдауға кететін шығындарды барынша азайтуға мүмкіндік береді.

Алқаптың көмірлері қатты тас типі, жоғары минералданған, ал метаморфизм дәрежесі бойынша газды, майлы және коксты болып келеді.

Екібастұз кен орнының «Богатырь» тілімінен энергетикалық мақсатта алынатын көмірдің сапа көрсеткіштері 1 кестеде көрсетілген:

1 кесте – Көмірдің сапа көрсеткіштері

№	Көрсеткіші	Өлшем бірлігі	Шамасы		Орташа мәні
			бастапқы	кейінгі	
1	Көмірдің сорты (СТ РК 1383-2010) КӨТ (коксты, әлсіз жанатын, төмен метаморфталған).	-	-	-	-
2	Бөлшектердің мөлшері бойынша жіктелуі	мм	0	00	-
3	Жұмыс отынына ылғал, W_f	%	3,8	7	5,4
4	Құрғақ массаға күлі, A^d	%	41	43	42
5	Ұшпа заттардың шығуы, W^{dat}	%	24	40	32
6	Жалпы күкірт, S_t	%	0,4	1	0,7
7	Жұмыс отынының жануының төменгі жылуы, Q_t	Ккал/кг	4200	3800	4000
8	Ұнтақтау коэффициенті	КЛ _о	1,03	1,33	1,18
9	Күлдің балқу температурасы	°C	1490	1500	1495
	Жұмсарған сәті, T_I	-	-	-	1300
	Жарты шар моменті, T_I	-	-	-	1460
	Сұйық күй моменті, T_I	-	-	-	1500

1 кесте - жалғасы

10	Күл қалдығының құрамы:	-	-	-	-
	- кремний оксиді, SiO_2	%	56,9	67,3	62,1
	- алюминий оксиді, Al_2O_3	%	24,4	31,6	28
	- темір оксиді, Fe_2O_3	%	4,4	7,26	5,83
	- кальций оксиді, CaO	%	0,68	3,29	1,98
	- магний оксиді, MgO	%	0,19	1,26	0,72
	-титан оксиді, TiO_2	%	1,09	1,65	1,37
	- күкірт оксиді, SO_3	%	0,55	2,31	1,43
	- фосфар оксиді, P_2O_5	%	0,32	1,29	0,8
	- калий оксиді, K_2O + натрий оксиді, Na_2O	%	0,56	0,95	0,75
11	Жанғыш массаның элементарлық құрамы:	-	-	-	-
	Көміртек	-	79,8	83,2	81,5
	Сутегі	-	5,6	4,9	5,3
	Азот	-	1,5	1,7	1,6
	Оттегі	-	9,6	12,2	10,9

3.2 Жылу электр станцияларында көмірді жаққан кездегі физика-химиялық өзгерістер

Қатты отын жанғыш (көміртек, сутегі, күкірт) азот, оттегі, ылғал және жанғаннан кейін күлге айналатын минералды жанбайтын қоспалардан тұрады. Шартты түрде элементтік құрамның барлық көрсетілген құрамдастарының қосындысы отынның жалпы салмағына пайызбен көрсетіледі. Отынның бастапқы массасының әр түрлі күйде болуы, массалар түрін анықтайды.

Пештер мен қазандықтарда көмірді жағу кезінде, оның құрамындағы органикалық қосылыстар мен минералды қоспалар кешені соңында ұнтақ түріндегі күл немесе балқытылған шлак бөліктерін түзеді.

Табиғи түрде келетін көмір отынындағы жанғыш және жанбайтын заттардың пайызы отынның жұмыстық массасын анықтайды:

$$C^P + H^P + O^P + N^P + S^P + A^P + W^P = 100 \%, \quad (1)$$

Қатты отынның өндірілгеніне және сақталуына байланысты жұмыстық массадағы күл (A^P) мен ылғалдылық (W^P) өзгереді. Сондықтан отынның қай түріне жататынын құрамындағы химиялық элементтердің сусыз және күлсіз пайыздық үлесіне байланысты анықтауға болады. Отынның мұндай құрамдары жанғыш және органикалық деп аталады.

Қатты отынның жанғыш құрамы шартты болып табылады, өйткені отын құрамындағы азот жанғыш элемент емес, ал оттегі, өз кезегінде, белгілі бір мөлшерде жанғыш заттармен байланысып тотықтырғыш рөлін атқарады, оны құрамдас бөлігі:

$$C^Г + H^Г + O^Г + N^Г + S^Г = 100 \%, \quad (2)$$

Көмір отынының жанғыш компоненттері сутегі, жылу мөлшері 120,5 МДж/кг, көміртегі - негізгі жанғыш элемент (34,1 МДж/кг) және күкірт – жану кезінде қазандық қондырғысының металл құрылымдарының коррозиясының дамуына әкелетін күкірт тотығын түзетін, аз жылу бөлетін зиянды қоспа. Ал, отынның органикалық массасы полимерлер деп аталатын күрделі және үлкен макромолекулалардан тұрады.

3.2.1 Отынның ылғалдылығы

Ылғалдылық көмір отынының ең маңызды техникалық сипаттамасы болып табылады. Ылғал отынның тұтануын қиындатады, пештегі температура деңгейін төмендетеді, пайдаланылған газдармен бірге жылу шығынын арттырады.

Көмірдің ылғалдылығы оның химиялық табиғаты мен геологиялық жасына, қабат жағдайына және алу әдісіне, сондай-ақ тасымалдау және сақтау жағдайларына байланысты. Геологиялық ескі отынның (антрацит, майсыз көмір) геологиялық жасы салыстырмалы түрде аз (қоңыр көмір, қоңыр көмір, шымтезек) отынға қарағанда ылғал әлдеқайда аз болады.

Жылу электр станцияларына арналған жабдықты жобалау кезінде әдетте эмпирикалық түрде анықталатын отынның әртүрлі ылғалдылық көрсеткіштері қолданылады. Ең маңыздысы көмір отынының жұмыс жағдайындағы ылғалдылығы W^P , %.

Қатты отын тасымалдау (ашық теміржол вагондарында) және қоймаларда сақтау кезінде атмосфералық жауын-шашынның күшті ылғалына ұшырауы мүмкін. Дегенмен, отынның ылғалды ұстап тұру қабілеті эмпирикалық түрде табылған немесе шамамен формула арқылы бағаланатын максималды ылғал сыйымдылығы деп аталатын шегі бар:

$$W_{\max} = 1 + 1.07 W^P, \quad (3)$$

Ылғалдылық ЖЭС-ке отын беру жұмысында үзіліс тудыруы мүмкін. Көмір отынының ылғалдылығының жоғарылауымен оның бөлшектерінің қозғалғыштығы нашарлайды және ағындылық ылғалдылығы $W_{\text{ағын}}$ деп аталатын белгілі бір шекті ылғалдылыққа жеткенде, отын бөлшектері бір-біріне жабысатындай дәрежеде жабысып қалады. Көмір отынының ағындылығын жоғалту шикі көмір бункерлерінде отынның тоқтап қалуына, қоректендіргіштердің «жақпалануына» және соның салдарынан жану үшін отынның берілуін тоқтатуға әкеледі [4].

3.2.2 Ұшпалы заттардың пайда болуы

Ұшпалы заттардың шығымы отынның маңызды техникалық сипаттамасы болып табылады, ол қыздыру кезінде оның ішінара ыдырауы туралы түсінік береді. Жоғары температураның әсерінен көмірдің құрамына кіретін тұрақсыз көмірсутекті қосылыстар қарапайым компоненттерге бөлінеді, ал бұл ретте газ және бу тәрізді жанғыш ыдырау өнімдері – ұшпа заттар құрамына енеді.

Ұшпалы заттардың шығымы көмір отынының түріне, сонымен қатар қыздыру жағдайларына және күйдіру температурасына байланысты. Ұшқыш заттардың шығымын анықтаудың стандартты әдісі аналитикалық отын үлгісінің өлшенген бөлігін ауасыз $850 \pm 25^{\circ}\text{C}$ температурада 7 минут бойы күйдіруден тұрады.

Ұшпалы қосылыстың құрамы әдетте отынның құрғақ күлсіз күйіне жатады. Ұшқыш заттардың бөліну көрсеткіші пеш процесін ұтымды ұйымдастыруды негіздеу кезінде, пешті жобалау кезінде және ұнтақтау жүйесінің жабдықтары мен параметрлерін таңдауда ескерілуі керек [8].

4 Көмір отынын жағу кезінде пайда болатын зиянды заттардың түзілуін сипаттайтын теңдеулер

4.1 Атмосфераға зиянды заттардың шығаруларын есептеу

«Екібастұз ГРЭС-1» ЖШС-ының негізгі отын түрі – көмір. Көмірді жағу кезінде азот диоксиді, азот оксиді, күкірт оксиді, бенз(а)пирен, көміртегі оксиді, бейорганикалық шаң және күл бөлінеді. Олардың ішіндегі ең улылары күкірт оксиді (SO_x), күл және азот оксиді (NO_x) оксидтері.

ШРК мәні жаңа кәсіпорындардың құрылысына және жұмыс істеп тұрған кәсіпорындарды қайта жаңартуға арналған жобалық құжаттаманың барлық түрлерінде белгіленеді. ШРК салынып жатқан кәсіпорындар үшін де, жұмыс істеп тұрған кәсіпорындар үшін де белгіленеді [2].

Зиянды заттардың ШРК шамасы кәсіпорындардың экологиялық қауіпсіздігінің негізгі көрсеткіштерінің бірі болып табылады. Егер кәсіпорынның құрылыс (қайта құру) учаскесінде атмосфераның фондық ластануының және осы кәсіпорынның шығарындыларымен пайда болатын жер бетіндегі шоғырланудың мөлшері жоғары болса экологиялық және санитарлық инспекция органдары рұқсат бермейді.

Қолайсыз метеорологиялық жағдайларда қыздырылған газ-ауа қоспасы шығарылған кезде зиянды заттың беттік максималды концентрациясы (C_m) мына формуламен анықталады:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} \quad (1)$$

мұндағы A – аймақтағы атмосфераның температуралық стратификациясы (Қазақстан үшін $A=200$);

M – атмосфераға шығарылатын ластаушы заттардың массасы, г/с;

F – атмосфералық ауадағы зиянды заттардың шөгу жылдамдығын ескеретін өлшемсіз коэффициент;

m, n – газ-ауа қоспасының эмиссия көзінің сағасынан шығу шарттарын ескеретін өлшемсіз коэффициенттер;

H – жер деңгейінен жоғары шығарындылар көзінің биіктігі, м;

ΔT – шығарылатын газ-ауа қоспасының температурасы, °C;

V_1 – газ-ауа қоспасының шығыны, м³/с

F - коэффициенті келесі мәндерді қабылдайды:

– газ тәріздес ластаушы заттар мен ұсақ аэрозольдер үшін $F = 1$; ірі шаң мен күл үшін $F = 2$;

– 75 - 90% орташа операциялық шығарындыларды тазалау коэффициенті үшін $F = 2,5$;

– орташа операциялық шығарындыларды тазарту коэффициенті 75%-дан аз немесе тазартусыз болса $F = 3$.

m өлшемсіз коэффициент мына формуламен анықталады:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}}, \quad (2)$$

f параметрін есептеу мына формула бойынша жүргізіледі:

$$f = 10^3 \cdot \frac{W_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \quad (3)$$

(n) өлшемсіз коэффициенттің мәні v_m параметріне байланысты анықталады: $v_m < 0,3$ кезінде, $n = 3$;

$0,3 < v_m < 2$ кезінде

$v_m > 2$ үшін $n = 1$.

Атмосфераға шығарылатын зиянды заттың массасы мына формуламен анықталады:

$$M = C \cdot V_1, \quad (4)$$

мұндағы C – шығарылатын газ-ауа қоспасындағы зиянды заттың концентрациясы, мг/м³;

V_1 – газ-ауа қоспасының шығыны, м³/с

Газ-ауа қоспасының эмиссия көзінің сағасынан шығуының орташа сызықтық жылдамдығы W_0 формуламен анықталады:

$$W_0 = \frac{4 \cdot V_1}{\pi \cdot D^2}, \quad (5)$$

мұндағы D – ластаушы көзі шығатын құбыр диаметрі, м;

V_1 – газ-ауа қоспасының шығыны, м³/с.

Егер ауада биологиялық қосынды әсер ететін заттар болса, онда осы заттардың біреуіне ШРК берген бір концентрация формула бойынша анықталады. Негізгі зат ретінде ең жоғары қауіптілік класына жататын зат таңдалады.

$$C_m = C_m^1 + C_m^2 \cdot \frac{ШРК^{C1}}{ШРК^{C2}} + \dots + C_m^n \cdot \frac{ШРК^{C1}}{ШРК^{Cn}}, \quad (6)$$

Егер есептеулердің нәтижелері бойынша $C_m^n + C_\phi^n > ШРК_{м.б.ж}^n$ болса, онда зиянды заттардың концентрациясы ШРК-ға тең болатын қашықтықты есептеу үшін жалғасады[3].

Егер $C_m^n + C_\phi^n < ШРК_{м.б.ж.}$, онда эмиссия мәні ретінде бекітіледі және ауаны қорғаудың жаңа шаралары жоспарланбайды.

SO₂, NO₂ және күл үшін беттік максималды концентрацияларды (C_м) есептеу жолы:

Қазандық үшін бастапқы деректер:

- құбыр биіктігі H= 15 м;
- ластаушы заттар шығатын көз құбырының диаметрі D= 1,5 м;
- түтін газының температурасы T= 143°C;
- пайдаланылған газ көлемі V₁= 5,2 м³/с.

Құбырларда өлшенген зиянды заттардың концентрациясы (C) 2 кестеде және олардың фондық концентрациясы (C_ф) жайлы ақпарат 3 кестеде берілген:

2 кесте – Құбырларда өлшенген зиянды заттардың концентрациясы, мг/м³

C _{SO2} , мг/м ³	C _{NO2} , мг/м ³	C _{күл} , мг/м ³
602	57	140

3 кесте - Құбырларда өлшенген зиянды заттардың фондық концентрациясы, мг/м³

C _{фSO2} , мг/м ³	C _{фNO2} , мг/м ³	C _{күл} , мг/м ³
0,100	0,011	0,080

Әрбір зиянды заттардың атмосфераға шығарындыларының массасын есептеу (4) формула бойынша жүргізіледі:

$$M_{SO2} = C_{SO2} \cdot V_1 = 602 \cdot 5,2 \cdot 10^{-3} = 3,1304, \text{ г/с}$$

$$M_{NO2} = C_{NO2} \cdot V_1 = 57 \cdot 5,2 \cdot 10^{-3} = 0,2964, \text{ г/с}$$

$$M_{күл} = C_{күл} \cdot V_1 = 140 \cdot 5,2 \cdot 10^{-3} = 0,728, \text{ г/с}$$

Температура айырмашылығын есептеу (ΔT):

$$\Delta T = T_r - T_a = 143 - 25,6 = 117,4^\circ\text{C}$$

Ластаушы заттар шығатын көз құбырының газ-ауа қоспасының орташа шығу жылдамдығын есептеу (5) формула бойынша жүзеге асырылады:

$$W_0 = \frac{4 \cdot 5,2}{3,14 \cdot 1,5^2} = 2,944 \text{ м/с}$$

(f) параметрі (3) формула бойынша есептеледі:

$$f = 10^3 \cdot \frac{2,944^2 \cdot 1,5}{15^2 \cdot 117,4} = 0,49 \text{ м/с} \cdot \text{град}$$

m өлшемсіз параметрі (2) формула арқылы есептеледі:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,49} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,49}} = 1$$

Анықтамалық материалдардан $vm > 2$ мәніне сәйкес болған соң, демек $n = 1$ тең болады.

Зиянды заттардың максималды беттік концентрациясын есептеу (1)

формула бойынша жүргізіледі:

$$C_m^{SO_2} = \frac{180 \cdot 3,13 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{15^2 \cdot \sqrt[3]{5,2 \cdot 117,4}} = 0,29 \text{ мг/м}^3,$$

$$C_m^{NO_2} = \frac{180 \cdot 0,296 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{15^2 \cdot \sqrt[3]{5,2 \cdot 117,4}} = 0,27 \text{ мг/м}^3,$$

$$C_m^{күл} = \frac{180 \cdot 0,728 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{15^2 \cdot \sqrt[3]{5,2 \cdot 117,4}} = 0,2 \text{ мг/м}^3,$$

мұндағы $\mu = 1$, өйткені жер бедері 1 км-ден 50 м-ден аспайтын, сәл ойлы-қырлы болып келген;

F күл үшін = 3;

F газ үшін = 1.

Қазандық мұржасынан шығатын зиянды заттардың ішінде азот диоксиді мен күкірт диоксиді жиынтық әсерге ие.

Бұл заттардың азот диоксидіне дейін төмендеген концентрациясын анықтау қажет, өйткені азот диоксиді (6) формула бойынша ең жоғары (екінші) қауіптілік класына жатады:

$$C_m^{NO_2} = C_m^{NO_2} + C_m^{CO_2} \cdot \frac{ШРК^{NO_2}}{ШРК^{CO_2}}$$

$C_m^n + C_\phi^n < ШРК_{м.б.ж.}$ шартымен тексереміз: NO_2

$$C_m^{NO_2} + C_\phi^{NO_2} = 0,076 + 0,011 = 0,087 \text{ мг/м}^3 > ШРК_{м.б.ж.}^{NO_2} = 0,085 \text{ мг/м}^3$$

$$C_m^{CO} + C_\phi^{CO} = 0,080 + 1,100 = 1,180 \text{ мг/м}^3 < ШРК_{м.б.ж.}^{CO} = 3,000 \text{ мг/м}^3$$

$$C_m^{күл} + C_\phi^{күл} = 0,200 + 0,080 = 0,280 \text{ мг/м}^3 > ШРК_{м.б.ж.}^{күл} = 0,150 \text{ мг/м}^3$$

Мәндерді салыстыра келе, мұндағы NO_2 және күл шығарындылары қоршаған орта мен биологиялық организмдер үшін ең үлкен қауіп болып табылады.

5 Түзілген эмиссиялардың қоршаған ортаға және адам денсаулығына әсері

5.1 Күкірт диоксиді

Көмірді жағу кезінде улы газдардың қосылыстары - азот диоксиді, азот оксиді, көміртек оксиді, күкірт диоксидтері мен бенз(а)пирен, бейорганикалық шаң және күйе бөлінеді. Әр қосылыстың қоршаған орта мен адам денсаулығына тигізетін әсері бар.

Күкірт оксиді (күкірт диоксиді) – күкірттің SO_2 құрамы бар оттегімен қосылысы. Қалыпты жағдайда бұл өзіне тән өткір иісі бар, түссіз, өте улы газ.

Күкірт ангидридi күкірт ангидридiнiң жарықтың қатысуымен ауадағы оттегімен біртіндеп тотығуынан түзіледі. Реакцияның соңғы өнімі күкірт қышқылының ауадағы аэрозолы, жаңбыр суындағы ерітіндісі (бұлттағы). Жауын-шашынмен бірге түсіп, топырақты қышқылдандырады, тыныс алу мүшелерінің ауруларын күшейтеді және адам денсаулығына жасырын түрде депрессиялық әсер етеді.

Күкірт оксиді көздеріне жақын өсімдіктер әдетте күкірт қышқылының тамшылары орналасқан жерлерде түзілген ұсақ некротикалық дақтармен тығыз нүктелі болады, бұл оның қоршаған ортада айтарлықтай мөлшерде болуын дәлелдейді.

Күкірт диоксиді көп мөлшерде қалдық ретінде түзілуіне байланысты атмосфераны ластайтын негізгі газдардың бірі болып табылады.

Сондай-ақ күкірт диоксидінің ультракүлгін аймағында (190–220 нм) жарықты сіңіру спектрінде максимум бар екенін атап өткен жөн, ол озонды сіңіру спектріндегі максимуммен сәйкес келеді. Күкірт диоксидінің бұл қасиеті осы газдың атмосферада болуы да адам терісінің онкологиялық ауруларының пайда болуы мен дамуына жол бермей, оң әсер ететінін көрсетеді. Жер атмосферасындағы күкірт диоксиді парниктік газдардың (көмірқышқыл газы, метан) атмосфералық температураның көтерілуіне әсерін айтарлықтай әлсіретеді [6].

5.2 Азот тотығы

Азот диоксиді - NO_2 формуласына ие және өзіне тән қоңыр түсті, тұншықтыратын, өткір иісі бар газ. Сондай-ақ, газ температуралардың әсерінен басқа агрегаттық күйге өтуі мүмкін - жоғары мәндерде диоксид сұйықтыққа айналады.

Азот диоксидінің төмен концентрациясының әсері тыныс алу жеткіліксіздігіне және өкпе ісінуіне әкеледі. Тыныс алу жолдарындағы азот қышқылы мен ылғалдың өзара әрекеттесуі орталық жүйке жүйесінің депрессиясын, гемолизді, билирубинемияны, қан тамырларының кеңеюін, қан қысымының төмендеуін тудырады. Ауадағы азот диоксидімен ұзақ уақыт

жұмыс істегенде ауыр созылмалы аурулар: трахеит, бронхит, мұрын септумының перфорациясы, пневмосклероз дамиды.

Жаңбыр кезінде ылғалмен әрекеттескенде NO_2 азот қышқылына айналады, ол топырақтың қышқылдығын арттырады. $0,47-1,88 \text{ мг/м}^3$ концентрацияда азот диоксидімен ұзақ уақыт әсер ету кейбір өсімдіктердің өсуін тежейді. Олар өсімдіктерге екі жолмен әсер етеді: қышқылды тұндыру арқылы, өсімдіктермен тікелей байланыста және жанама түрде тотықтырғыштардың фотохимиялық түзілуі арқылы. Азот диоксиді фотохимиялық түтіннің пайда болуында маңызды рөл атқарады, ол көрінуді айтарлықтай төмендетеді және жалпы қоршаған ортаның эстетикасын бұзады [8].

Азот оксиді NO формуласына ие және түссіз, суда нашар еритін, NO_2 -ге тез тотығатын газ. Азот оксиді $-151,8^\circ\text{C}$ температурада сұйылтылады және $-163,6^\circ\text{C}$ температурада қатады. Газ суда ерімейді, бірақ натрий сульфитінің сәл сілтілі ерітіндісінде тез ериді.

Атмосферадағы азот оксидтерінің шағын концентрациясы организмнің біртіндеп улануына әкеледі. Ауадағы азот оксидінің $0,0013\%$ көздің және мұрынның шырышты қабатына, сонымен қатар адамның жүйке және жүрек-тамыр жүйелеріне, қан түзуші органдарға және бауырға әсер етеді. Азот оксидтері ауадағы су буымен әрекеттесе отырып, азотты HNO_2 және азот HNO_3 қышқылдарын түзеді, олар өкпе тінін бұзады, созылмалы ауруларды тудырады, ал $0,004-0,008\%$ концентрацияда өкпе ісінуіне әкеледі [8].

5.3 Түзілген күлдің адам денсаулығына әсері

Көмір күліндегі әр элементтің өзіне тән улы қасиеті тән және адам денсаулығына әрқайсысы әр түрлі әсер етеді:

Кадмий. Кадмийдің жоғары деңгейінің тікелей әсері денсаулыққа қауіпті. Нақтырақ айтқанда, өкпе кадмийді қанға тікелей сіңіреді. Адамдарда ұзақ уақыт бойы кадмий әсер еткенде бүйрек және өкпе аурулары пайда болуына әкеледі. Сонымен қатар, кадмийдің әсері гипертониямен байланысты болуы мүмкін. Соңында, кадмийдің созылмалы әсері сүйек әлсіздігін тудыруы, сүйек сынуы мен остеопороз қаупін арттырады.

Хром. Хромның (VI) тікелей әсері денсаулыққа қауіпті. Ауыз судағы хромның (VI) жоғары деңгейі ішке қабылданса, аш ішекте және асқазанда ойық жараларды тудыруы мүмкін. Соңында, тері арқылы хром (VI) әсер еткенде тері жаралары да пайда болуы мүмкін [7].

Мышьяк. Көмір күлінің қалдықтары арқылы мышьяқтың көп мөлшерін тері, бүйрек және өкпе өатерлі ісігі сияқты ауруларды тудыруы мүмкін. Сайып келгенде, ұзақ уақыт бойы мышьяқтың әсері өлімге әкелуі мүмкін. Сонымен қатар, мышьяк әсерінің төмен деңгейі жүрек соғысының бұзылуын, жүрек айнуын, диареяны, құсуды, перифериялық нейропатияны және көру қабілетінің бұзылуын тудыруы мүмкін.

Сынап. Көмір күлінен сынаптың созылмалы әсері жүйке жүйесіне зиян келтіруі мүмкін. Сынапты деммен жұтқанда, көрудің нашарлауы, құрысулар, ұйқышылдық, есте сақтау қабілетінің жоғалуы және ұйқысыздық сияқты денсаулыққа әртүрлі әсер етуі мүмкін.

Бор. көмір күлінің шаңын жұтқанда, бордың әсері тамақ, мұрын және көзде ыңғайсыздық тудыруы мүмкін. Сонымен қатар, көмір күлінің қалдықтары жұтылған кезде бордың әсері бүйрек, бауыр, ми және ішек қызметінің бұзылуына байланысты болуы мүмкін.

Молибден. Көмір күлінің шаңынан молибденді ингаляциялау мұрында, тамақта, теріде және көзде ыңғайсыздық тудыруы мүмкін. Нәтижесінде молибденнің қысқа мерзімді әсері ысқырықты және жөтелді күшейтеді. Сонымен қатар, молибденнің созылмалы әсері тәбеттің төмендеуіне, шаршауға, бас ауруы мен бұлшықеттердің ауырсынуына әкелуі мүмкін.

Кремний диоксиді. Көмір күлінің шаңынан кремнеземді ингаляциялау ұрықтың өкпе ауруын немесе силикозды тудыруы мүмкін. Сонымен қатар, кремний диоксидімен созылмалы әсер ету өкпенің қатерлі ісігін тудырады. Сонымен қатар, белгілі бір уақыт ішінде кремний диоксидімен әсер ету тәбеттің төмендеуіне, оттегінің нашар айналымына, тыныс алу жолдарының асқынуына немесе қызбаға әкеледі [7].

6 ЖЭС зиянды шығарындыларын азайту шаралары

6.1 Көмір құрамындағы қатты бөлшектерді ұстау технологиялары

Қатты отын құрамындағы қатты бөлшектерді жану процесіне жібермей тұрып, алдын ала көмірді циклдік өңдеуден өткізіп, құрамындағы қатты бөлшектерін алдын-ала азайтуға болады. Ол технологиялық процеске мына әдістерді жатқызуға болады:

1) Күкіртті физикалық және химиялық тазарту әдістерімен күйдіруге немесе қайта өңдеуге дейінгі дайындық сатыларында жою;

2) Жану камерасына тиісті сілтілік жұтқыштарды қосу арқылы ластағыштарды тікелей жану сатысында байланыстыру. Мұнда жану сатысында жану кинетикасын басқаруға болады, бұл азот оксидтерінің пайда болуын едәуір басуға мүмкіндік береді.

3) Отынның минералдық бөліктері мен гетероатомдарын циклішілік өңдеу: интеграцияланған газдандыру, пиролиз және күйдіру жолымен алып тастау;

4) Бөлінетін түтін газдарын минералды бөлшектерден, күкірттен және азот оксидтерінен газ тазартудың дәстүрлі және перспективалық әдістерімен тазарту.

Жану алдындағы алдын-ала тазарту технологиясы физикалық және терең химиялық тазарту әдістеріне негізделуі мүмкін. Тазартудың физикалық әдістері отынның органикалық және минералды бөліктерін бөлуге мүмкіндік беретін көмір түзуші материалдар мен минералдардың физикалық қасиеттеріндегі айырмашылықтарды қолдануға негізделген. Физикалық қасиеттердегі айырмашылықтар қаттылық, тығыздық, сәулеленудің сіңуі, магниттік сезімталдық, араластыру және т. б.

Дәстүрлі физикалық өңдеу әдістері күкіртті 30% дейін жояды. Құрамында пирит күкірті бар көмірлер үшін бұл көрсеткіш 50% жетуі мүмкін. Химиялық тазалау әдістері көмірді реагенттермен жууға және еріткіштермен экстракциялауға негізделген. Химиялық күкіртсіздендіру күкірттің бар түріне байланысты әртүрлі әдістермен жүзеге асырылады [5].

Бүгінгі таңда көмір массасын жоғалтпай, органикалық күкіртті 40-50% жоюды қамтамасыз ететін бірнеше әдістер бар. Ең тиімдісі - 300-400°C температурада NaOH және Ca(OH)₂ су ерітінділерінде жуу, бұл қатты отынның алдын ала дайындаумен үйлескенде пирит күкіртінің жойылуына әкеледі және көмірдегі күкірттің мөлшерін біраз төмендетеді, яғни 1 тонна көмірде 15 кг күкірт мөлшері жойылады [6].

Көмірді күкіртсіздендіру жақсы нәтижеге әкелетін әдістердің бірі - 300°C көмірді ауамен тотықтыру арқылы 350-450°C бумен күкіртсіздендіруен қамтамасыз етілерді. Қазіргі уақытта бұл әдіспен қол жеткізілген күкіртті жою дәрежесі 66% құрайды, бірақ бұл процесс отын-органикалық массаның айтарлықтай жоғалуымен бірге жүреді.

Отынның жануы кезінде азот оксидтерінің түзілуін азайту үшін бірнеше әдістер белгілі және кеңінен қолданылады, олардың арасында:

- жүктемені азайту
- ауа жетіспеушілігімен жану
- кезеңді жану
- пайдаланылған газдың рециркуляциясы
- отынның жануы

Жүктемені азайту. Азайтылған жүктеме жұмысы бірлік көлемге немесе ауданға жылу беруді азайтатыны белгілі, соның нәтижесінде жалын температурасы мен түзілетін термиялық оксидтер мөлшері азаяды. Жанармай мен ауаның араласу жылдамдығы да төмендейді және бұл отынмен байланысқан азоттан NOx эмиссиясының төмендеуіне әкелуі мүмкін.

Ауа жетіспеушілігінен жану. Толық жануды қамтамасыз ету және CO мен күйе түзілуін болдырмау үшін қазандықтар әдетте түсетін ауаның артық мөлшерімен жұмыс істейді. Жалын аймағында ауаға қол жетімділіктің төмендеуімен оттегінің үлесі азаяды және осыған байланысты жылу да, отын оксидтерінің де түзілуі төмендейді. Ауа жеткіліксіз болған кезде, NOx түзілуін азайтумен қатар, газ ағынының көлемдері азаяды, осылайша түтін газдарымен энтальпияның жоғалуы төмендейді және қазандықтың тиімділігі артады [5].

Пайдаланылған газдардың рециркуляциясы. Температураның таралуын теңестіру және пеште жоғары температуралық аймақтарды алып тастау түтін газдарын рециркуляциялау және жану аймағына су немесе буды айдау арқылы да қол жеткізіледі. Қыздырғыштарға ішінара сиректелген ауа берілетіндіктен, жалынның негізіндегі оттегінің концентрациясы төмендейді, сондықтан бүкіл жалынның температурасы да төмендейді. Бұл термиялық оксидтердің пайда болуына айтарлықтай әсер етеді, бірақ отынға аз әсер етеді. Сондықтан, түтін газының рециркуляциясы азот мөлшері жоғары отынмен салыстырғанда жақсы нәтиже береді [6].

6.2 Қатты бөлшектердің шығарындыларын азайту үшін қолданылатын технологиялар

Көмірдің құрамы және толығымен жанбауы шығарындылар мен қатты бөлшектердің сөзсіз болуын көрсетеді, оларды ұстап алу үшін арнайы жабдықты пайдалану қажеттілігін анықтайды. Шаңұстағыш құралдары көмірден энергия алу технологиясындағы міндетті элемент болып табылады.

Шаңұстағыш құрылғылары:

- механикалық шаңұстағыштар, онда бөлшектер ауырлық күші, инерция немесе центрифугалық күш арқылы бөлінеді;
- дымқыл немесе гидравликалық шаңұстағыштар, онда газ тәрізді ортадағы бөлшектер сұйықтықпен ұсталады;
- кеуекті сүзгі қабаты бар сүзгілер;
- бөлшектер иондану арқылы тұндырылатын электростатикалық сүзгілер.

Бөлшектердің өлшемдерін ескере отырып, әртүрлі шаң тазалау құрылғыларының орташа жұмыс тиімділігі 4 кестеде келтірілген.

4 кесте – Шаң тазалау құрылғыларының орташа тазалау тиімділігі

Құрылғы	Бөлшектер өлшемі, мкм	Тазалау дәрежесі, %
Циклондар	30	85-92
Скруббер	0,5-1	85-96
Электр сүзгілері	0,2-0,5	98-99

Өнеркәсіпте орталықтан тепкіш күшті қолданатын ең көп таралған құрылғылар-циклондар болып табылады. Циклондардың негізгі кемшілігі - шаң бөлшектерінің қабырғаларға әсер етуінің абразивті әсерінен және олардың бойымен сырғанауынан олардың айтарлықтай тозуы. Циклонның тозуы әсіресе 5–10 мкм-ден асатын бөлшектерді ұстағанда жақсы болады. Тозудан қорғау үшін шаңның абразивті әсеріне жақсы қарсы тұратын синтетикалық материалдар мен жоғары берік қорытпалардың жабыны қолданылады [5].

Шаңсыздандыруға арналған меншікті энергия шығыны циклонның конструкциясы мен тиімділігіне байланысты тазартылған газдың 1000 м³ үшін 0,11-ден 0,25 кВт/сағ аралығында болады.

Жұмыс істеу процессі - орталық күштің және тартылыс күшінің әсерімен бөлшектерді шөктіреді. Шаңданған газ түтікше арқылы циклонға келеді, одан кейін ол қорап айналасында айналып, шаң бөлшектері циклон қабырғасына соқтығысып, кейін төменге шаң жинағышқа (бункерге) түседі. Жұмыстың тиімділігін арттыру мақсатында топтық (бактериялы) циклондар қолданылады.

Ылғал типті шаңсыздандыру құрылғыларында шаңды газ ағыны сұйықтықпен, атап айтқанда, онымен суарылатын беттермен жанасады. Ылғалдандыру сұйықтығы ретінде таза су немесе ылғалдандыратын қоспалары бар су қолданылады. Бұл жағдайда шаң бөлшектері ағып жатқан ағынның бетімен ұсталады және шлам түрінде жойылады. Сұйықтықтың шашырауы және электростатикалық тартылыс шаңды кетіруді жақсартады. Ылғалды шаң жинағыштың қарапайым және тиімді конструкциясы шаңды ағын суару жүйесімен жабдықталған секциялар сериясы арқылы өтетін скруббер болып табылады. Бұл бөлімдерде әртүрлі саптамаларды орналастыруға болады, содан кейін суланған беттің шаңды жинау әсеріне су пердесінің әрекеті қосылады. Мұндай құрылғының мысалы ретінде Рашиг сақиналарымен толтырылған, шыны талшықтармен және басқа материалдармен толтырылған құрылғыларды қарастыруға болады.

Скруббердің жұмыс істеу принципі Вентури түтігінің аэродинамикалық күшіне негізделген. Бұл құм сағатына ұқсайтын құбыр болып келеді. Құбырдың құрамына: диффузор, түтіктер, конфузор және саптамалары бар суару сұйықтығын беруге арналған фитингтер кіреді [7].

Скруббердің жұмыс істеу принципі өте қарапайым. Ластанған газ кіріс газ фланеці арқылы вентуриге түседі. Құбырда газ Бернулли заңы бойынша

жоғары жылдамдыққа дейін үдейді. Жоғарыдан су саптамалар арқылы кіреді. Пайда болған турбуленттілікке байланысты құбырдағы су кішірек тамшыларға ұсақталады. Ұсақтау салдарынан судың газбен жанасу ауданы ұлғаяды. Осылайша, ластаушы заттар сумен немесе арнайы сұйықтықпен ұсталады. Содан кейін газы бар су түтін құбыры арқылы центрифугалық тамшыларды жоюға өтеді. Оның ішінде газы бар су төмен түсіп, желдеткіштің көмегімен таза ауа сыртқа шығады.

Жылу электр станцияларындағы ең тиімді, гидравликалық кедергісі 200 Па аспайтын және тазарту дәрежесі 99-99,8% болатын құрылғылардың бірі электрсүзгілер немесе электростатикалық тұндырғыштар болып табылады.

Электростатикалық тұндырғыштар-олардағы қатты немесе сұйық бөлшектерден газдарды тазарту электр күштерінің әсерінен болатын құрылғылар. Ол үшін бөлшектерге тәж шығару өрісіндегі электр заряды беріледі. Короналы разряд - гетерогенді электр өрістерінде пайда болатын тәуелсіз электр разрядының бір түрі. Ол электрод аймағында иондалған газдың жарқырауы түрінде көрінеді. Корона разряд өрісінде ауа молекулалары иондалады және қозғалыс кезінде зарядтарын шаң бөлшектеріне береді, олар электр өрісінің әсерінен электродтарға қарай жылжиды және оларға қонып, зарядын жоғалтады. Әрі қарай, соққы механизмінің көмегімен электродтар шайқалады және олардан ауырлық күшімен бөлінген бөлшектер бункерге түседі [7].

Аппараттың белсенді аймағындағы газ ағынының бағытына байланысты электр сүзгілері көлденең және тік, ал шөгінді электродтардың дизайны бойынша – ламельді және құбырлы болып бөлінеді. Пластиналық электростатикалық шөгінділерде шөгінді электродтар белгілі бір қиманың тақталарынан алынған параллель беттер түрінде жасалады, ал құбырлы электростатикалық шөгінділерде шөгінді электродтар дөңгелек, сопақ немесе алтыбұрышты қима құбырлары түрінде жасалады.

Электростатикалық сүзгілер түтін газын терең тазартуға арналған, олар қатты бөлшектердің 99,5% - ын алады. Шаңды газ жерге тұйықталған жинағыш электродтардан және белгілі бір қашықтықта (электродаралық саңылау деп аталады) орналастырылған тәж электродтарынан тұратын жүйе арқылы өтеді, оған теріс таңбалы түзетілген жоғары кернеулі электр тогы беріледі.

Электрод аралық саңылауға қолданылатын жеткілікті жоғары кернеу кезінде газдардың интенсивті соққы иондануы тәждік электродтың бетіне жақын жерде, тәж разрядының пайда болуымен (тәждік ток) жүреді.

Тәж аймағында түзілген әртүрлі полярлы газ иондары электр өрісі күштерінің әсерінен қарама-қарсы электродтарға ауысады, нәтижесінде электрод саңылауында тәждік токты білдіретін электр тогы пайда болады. Иондардың бетінде адсорбциялануына байланысты күл бөлшектері электродаралық саңылауда электр зарядына ие болады және электр өрісі күштерінің әсерінен электродтарға қарай жылжиды, оларға шөгеді, ал тазартылған газ құбыр арқылы сыртқа шығады [5].

ҚОРЫТЫНДЫ

Қорытындылай келе, Қазақстандағы ең ірі жылу электр станцияларының бірі «Екібастұз ГРЭС-1» ЖШС-інің жұмыс істеу, электр энергиясын өндіру технологиясы мен атмосфераға шығатын эмиссиялары қарастырылды.

Кәсіпорнының жұмыс істеу технологиясын зерттей келе, негізгі отын түрінде Екібастұз аумағында өндірілетін «Богатырь» алқабының көмірі алынды. Көмірдің орналасқан мекеніне және жер бедеріне сәйкес оның сапа көрсеткіштері, физико-химиялық қасиеттері анықталды.

Көмір жаққандағы атмосфералық ауаға бөлініп шығатын ластаушы заттар – азот тотықтары, күкірт оксиді және күлдің түзілу процесі және теңдеулері қарастырылды. Эмиссиялардың кәсіпорын аумағында таралу концентрациясы есептеліп, оның ішінде ең қауіптілар қатарына $C_m^{NO_2} = 0,085 \text{ мг/м}^3$ және $C_m^{күл} = 0,150 \text{ мг/м}^3$ жатқызылды.

Эмиссиялардың қоршаған ортаға, кәсіпорында жұмыс істейтін жұмыскерлердің денсаулығына әкелеін зияны қарастырылды. Осы атмосфераға шығатын ластаушы заттардың азайтудың жаңа технологиясы мен дәстүрлі тазалау қондырғылары ұсынылды.

Бұл технологияларды, өнеркәсіп жүйелеріне енгізе отырып, атмосфераға шығып жатқан эмиссия мөлшерлерін азайту іс-шаралары және жоспарлары бірнеше жылдарға алдын орындалуы маңызды сипатқа ие болады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Ерофеев В.Л., Семенов П.Д., Пряхин А.С. Теплотехника: Учебник для вузов. – М.: Академкнига, 2014. – 488б.
- 2 Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции: Учебник для вузов/ Под ред. В.Я. Гиршвельда.– М.: Энергоатомиздат, 2012 ж. – 44б.
- 3 Тумановский А.Г., Котлер В.Р. О разработке угольного энергоблока с температурой перегрева 700°C. // Энергохозяйство за рубежом. – 2007 ж., № 3. – Б.40–45.
- 4 Марчак И. И. Результаты исследования по определению потери тепла в окружающую среду водогрейными котлами.// - Электрические станции , 2015 ж № 7. - Б.11-15
- 5 Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты газоочистки: учебное пособие / - Пенза: ПГУ, 2015 ж. – 201б.
- 6 Попов В.М. О тепловом загрязнении окружающей среды выбросами и сбросами ТЭС и ТЭЦ / - Безопасность жизнедеятельности. – 2014 ж. 14-26б.
- 7 Жабо В.В. Охрана окружающей среды на ТЭС и АЭС. Москва: Энергоатомиздат, 2017 ж. – 178б.
- 8 Быстрицкий Г.Ф. Общая энергетика. – 2 е изд., стер. – М.:КНОРУС, 2014 ж. – 408 б.
- 9 Интернет желісіне сілтеме: <http://gres1.kz/ru/>
- 10 Интернет желісіне сілтеме: <https://1DJn3Cdy3Rc>