ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

Абзалиев Ернар Кайратулы

# Аз зиянды және аз шығынды ЖЭС-ті жобалауды сандық зерттеу

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

6В07101 – «Энергетика»

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**
«Энергетика» кафедрасының меңгерушісі
PhD, қауымдастырылған профессор
_____ Е.А. Сарсенбаев
«__» ____06____ 2023ж.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНИТУ им.К.И.Сатпаева»
Институт энергетики и машиностроения

# ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Аз зиянды және аз шығынды ЖЭС-ті жобалауды сандық зерттеу»

6В07101 – «Энергетика»

Орындаған: Абзалиев Е. К.

Пікір беруші
ЖЭҚ кафедрасының доценті,
тех. ғыл. канд.
_____ М.Е. Туманов
«_5_» ____06____ 2023 ж.

Ғылыми жетекші
PhD докторы,
қауым. профессор
_____ Б.Онгар
«_05_» ____06____ 2023 ж.

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Энергетика және машина жасау институты
«Энергетика» кафедрасы
6В07101-«Энергетика»

**БЕКІТЕМІН**
«Энергетика» кафедрасының меңгерушісі
PhD, қауымдастырылған профессор
_____ Е. А. Сарсенбаев
«16» 01 2023 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға**
**ТАПСЫРМА**

Білім алушы: *Абзалиев Ернар Кайратулы*
Тақырыбы: «Аз зиянды және аз шығынды ЖЭС-ті жобалауды сандық зерттеу»
Университеттің академиялық мәселелер бойынша проректоры бекіткен .
Бұйрық *№ 408-п_ «23» қараша 2022 ж*
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі *«30» мамыр 2023 ж.*
Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер тізімі:
*а) ЖЭС-та отын жанғанда пайда болатын қоршаған ортаны ластағыш шығарындылар;*
*б) Ластаушы заттардың шығарындыларын азайту жолдарын қарастыру;*
*в) БКЗ-75-39Ф қазанынан тасталынатын ластаушы заттардың атмосфераға шығарылуын есептеу;*
*г) ЖЭС-тің қазандық қондырғысынан атмосфераға шығатын $NO_x$ азот оксидінің мөлшерін есептеу.*
Сызбалық материалдар тізімі: *Сызбалық материалдарды слайдпен көрсетілген.*
Ұсынылатын негізігі әдебиеттер: *20 атау*

3

Дипломдық жұмысты дайындау

**КЕСТЕСІ**

| **Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі** | **Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімдері** | **Ескерту** |
|---|---|---|
| ЖЭС-та отын жанғанда пайда болатын қоршаған ортаны ластағыш шығарындылар | 30.01.2023 ж. | Жок |
| БКЗ-75-39Ф қазанынан тасталынатын ластаушы заттардың атмосфераға шығарылуын есептеу | 15.02.2023 ж. | Жок |
| ЖЭС-тің қазандық қондырғысынан атмосфераға шығатын $NO_x$ азот оксидінің мөлшерін есептеу | 30.03.2023 ж. | Жок |
| Азот оксидтерінің түзілуін сандық модельдеу | 10.04.20230ж. | Жок |

Аяқталған жұмысқа қойылған кеңесшілер мен норма бақылаушының

**қолтаңбалары**

| **Бөлім атауы** | **Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)** | **Қол қойыл-ған күні** | **Қолы** |
|---|---|---|---|
| ЖЭС-та отын жанғанда пайда болатын қоршаған ортаны ластағыш шығарындылар | Б. Онгар. PhD доктор, қауым. профессор | 05.06.2023ж | |
| БКЗ-75-39Ф қазанынан тасталынатын ластаушы заттардың атмосфераға шығарылуын есептеу | Б. Онгар. PhD доктор, қауым. профессор | 05.06.2023ж | |
| ЖЭС-тің қазандық қондырғысынан атмосфераға шығатын $NO_x$ азот оксидінің мөлшерін есептеу | Б. Онгар. PhD доктор, қауым. профессор | 05.06.2023ж | |
| Азот оксидтерінің түзілуін сандық модельдеу | Б. Онгар. PhD доктор, қауым. профессор | 05.06.2023ж | |
| Норма бақылау | Ә.О. Бердібеков сениор-лектор | 06.06.2023 | |

Ғылыми жетекші _____ Б. Онгар

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____ Е.К. Абзалиев

Күні «16» 01 2023 ж.

## АҢДАТПА

Дипломдық жобада жылуэнергетиканың негізгі үнемиеттік пен мекен қорғаулық өзекті мәселері аталып, зиянды заттарын азайтудың аз зиянды ауқымды және аз шығынды технологиялары қарастырылды**.**

Бұл қорытынды жұмыста шығыны аз және улылығы аз ЖЭС жобасы қарастырылады. Зерттеу экологиялық проблемаларға, жылу электр станцияларында отынның жануы нәтижесіндегі газ шығарындыларына арналған, қазіргі уақытта ең өзекті мәселе.

## АННОТАЦИЯ

В дипломном проекте были упомянуты основные экономические и природоохранные вопросы тепловой энергетики, рассмотрены менее вредные масштабные и менее затратные технологии снижения вредных веществ.

В данной выпускной работе рассмотрены проектирование малозатратной и малотоксичной ТЭС. Исследование посвящено проблемам экология, выбросам газов в результате сжигание топлива на ТЭС, которая в данный момент является самой актуальной проблемой.

## ANNOTATION

In the diploma project, the main economic and environment protection issues of thermal energy were mentioned, and less harmful large-scale and less expensive technologies for reducing harmful substances were considered.

In this final work, the design of a low-cost and low-toxic TPP is considered. The study is devoted to environmental problems, gas emissions as a result of fuel combustion at thermal power plants, which is currently the most urgent problem.

# МАЗМҰНЫ

Кіріспе.....7
1 Жылутәсілдік жалпы бөлім.....8
1.1 ЖЭС-та отын жанғанда пайда болатын қоршаған ортаны ластағыш шығарындылар.....8
1.2 Аз шығынды технологиялық шараларды қолданыстағы қазандықтарды құрастырып атмосфераға зиянды шығарындыларды азайту.....14
1.2.1 Азшығынды тәсілдемелік (технологиялық) шаралар.....16
1.3 Шаң көмір қазандарындағы азот тотығының эмиссиясын төмендету әдістері.....19
2 Жылутәсілдік есептік бөлім.....32
2.1 Ластаушы заттардың шығарындыларын азайту жолдарын қарастыру.....32
2.2 Кәсіпорындардың шығарындыларын азайтудың ылғалды жолы.....33
2.3 БКЗ-75-39Ф маркалы қазан құрамының қысқаша сипаттамасы.....35
2.3.1 БКЗ-75-39Ф қазынының параметрлері.....35
2.3.2 Ошақ (жану құтысы, камера сгорания).....36
2.4 БКЗ-75-39Ф қазанынан тасталынатын ластаушы заттардың атмосфераға шығарылуын есептеу.....37
2.4.1 ЖЭС-тің қазандық қондырғыларынан шығарылатын қатты бөлшектердің мөлшерін есептеу.....37
2.4.2 ЖЭС-тің қазандық қондырғысынан атмосфераға шығатын $NO_x$ азот оксидінің мөлшерін есептеу.....38
2.4.3 ЖЭС-тің қазандық қондырғысынан атмосфераға шығатын күкірт $SO_2$ оксидінің мөлшерін есептеу.....40
2.4.4 ЖЭС-нтің қазандық қондырғысынан атмосфераға шығатын CO көміртегі оксидінің мөлшерін есептеу.....41
2.5 Тектеспеулік және екі сатылы жағу шараларын бірлестіру.....42
3 Азот оксидтерінің түзілуін сандық модельдеу.....45
3.1 Көмір шаңының температурасының азот оксидтерінің эмиссиясына әсері.....46
Қорытынды.....55
Пайдаланған әдебиеттер тізімі.....56

# КІРІСПЕ

Жылуэнергетиканың дамуы көбінен органикалық отынның аса тиімді жағылуымен анықталады. Сонымен бірге қоршаған ортаның аса зиянды $NO_x$, $SO_x$ газдарынан тазалығына зор көңіл бөлінеді.

Бұл мәселелердің шешілу жолдарының басты қиыншылықтарының себептері - олардың физикалы-химиялық құбылыстық күрделігі мен қарама қарсы бағыттық қайшылығында және оларды толық атқарушы әдістері мен қондырғыларының көбінен көлемдігі мен қымбаттылығында.

Сондықтан дипломдық жобада мәселе химиялы жылуқозғалымдық пен жылумаңызалмасулық физика-математикалық аса терең қарастырылмай, олардың қарапайым тәсілдемелік жолдары аталып, сапалы салыстырылды.

Мұның өзінде ең дұрысы – энергетикалық органикалық отынның ең көлемдісі мен ең арзан көмірлерін (және басқадай қаптаған қатты отынды) ең алдымен газдандырып, оның күл-қожысы мен минералдық бөлшектерінен және аса зиянды $NO_x$ пен $SO_x$ газдарынан тазалап алып, қазандық қондырғыларда (ҚҚ) таза өндірілген (генераторный) мекен қорғаулық (экологиялық) таза газды жақса, ҚҚ газ жолының (металдың күкіртті тотығуы, түрпіленуі секілді) көп мәселері шешіледі.

Егер отындық $NO_x$ шоғырлығы ауалығынан 3...4 есе артық екенін ескерсек, бұл әдіспен мекен қорғаулық мәселенің шешілуіне көзіміз жетеді.

Ал, табиғи көзі аса мол көмірді арзан өндірілген газға айналдырып, пайдалы жұмыс еселеуіші (ПЖЕ-сі) 1,5 есе артық, 62 пайызға жетіп тұрған, салынуы 20 пайыздай ПЖЕ-сі 43-ке әзер жететін ШЭС-тен арзан, бинарлы бугазды қондырғылар (БГҚ-лар) кеңінен таралып, электр қайраты өндірілсе, жылуэнергетика саласы үнемиеттік (экономика) күрт дамыр еді.

Сонымен бұл көмірді газдандырып жағу (КГЖ) әдісі мекен қорғаулық та және үнемиеттік те өте тиімді, егер жылу электр станциялар (ЖЭС) БГҚ арқылы жаңа салынса, не ескірген ЖЭС толығымен БГҚ-лы жаңартылса.

Ал, егер ЖЭС шамалы жаңартылса, КГЖ әдісі де шамалы, көптен арзан отынның сатылы жағылуы, тектесуі қалпына келтірулі, газы кері қайтарылулы секілді салыстырмалы арзан әдісті шешімдермен іске асырылуы керек.

Бұл дипломдық жобада КГЖ әдісінің қымбат та (көлемді), арзан да (аз шағынды және аз зиянды) түрлері қағидалы жылулық сүлбе және шағын есеп-мысал түрлерінде қарастырылды.

Бұлар жылутәсілдік жалпы мен есептік және өміртіршілік қауіпсіздігі және эконмикалық (үнемиеттік) бөлімдерімен қысқаша қамтылды.

Арнайы сұрақта жоғары тегеурінді буөндіргішті бугазды қондырғылар (ЖТБӨ БГҚ) мен шықты электр станцияның (ШЭС) тиімділіктері салыстырылып бағаланды.

## 1 Жылутәсілдік жалпы бөлім

### 1.1 ЖЭС-та отын жанғанда пайда болатын қоршаған ортаны ластағыш шығарындылар

Өнеркәсіптік өндірістен атмосфераға шығарылатын зиянды қалдықтарды азайту – қоршаған ортаны сақтау және адам денсаулығына кері әсерін азайтудың басты міндеті. Жыл сайын ірілі-ұсақты кәсіпорындар ауаға миллиондаған тонна зиянды және қауіпті заттар шығарады, олар топырақты уландырады, өсімдіктер мен су айдындарын құртады, жануарлар мен адамдарға кері әсер етеді. Атмосфераға шығарындыларды азайтудың заманауи әдістерін енгізу, инновациялық технологиялар мен шешімдерді әзірлеу өнеркәсіптік кәсіпорындарға жүктеледі.

Атмосфераға зиянды заттардың шығарылуын азайту заңнамалық деңгейде бекітілген әрбір ұйымның алғы шарты болып табылады (1.1 – сурет).

**1.1 - сурет – Атмосфераға зиянды заттардың шығарылуын**

Экология, қоршаған ортаның ластануы, экологиялық мониторинг, экологиялық химия – қазіргі заманда жиі кездесетін терминдер мен сөз тіркестері, олар бізді қоршап отырған табиғаттың жағдайына деген шексіз алаңдаушылықты білдіреді. Мәселенің туындауының бастапқы себебі – экологиялық жүйелерде, ең алдымен биосферада адамның антропогенді қызметінің салдарынан болған қарқынды және зиянды өзгерістерді анықтау.

Осылайша, экологиялық мониторингті қоршаған ортаның жағдайын бақылау және бағалау жүйесі, сондай-ақ басқарушылық шешімдерін дайындау және қабылдау ақпараттық қамтамасыз ету құралы ретінде қарастыруға болады.

Экомониторингтің міндеттері:

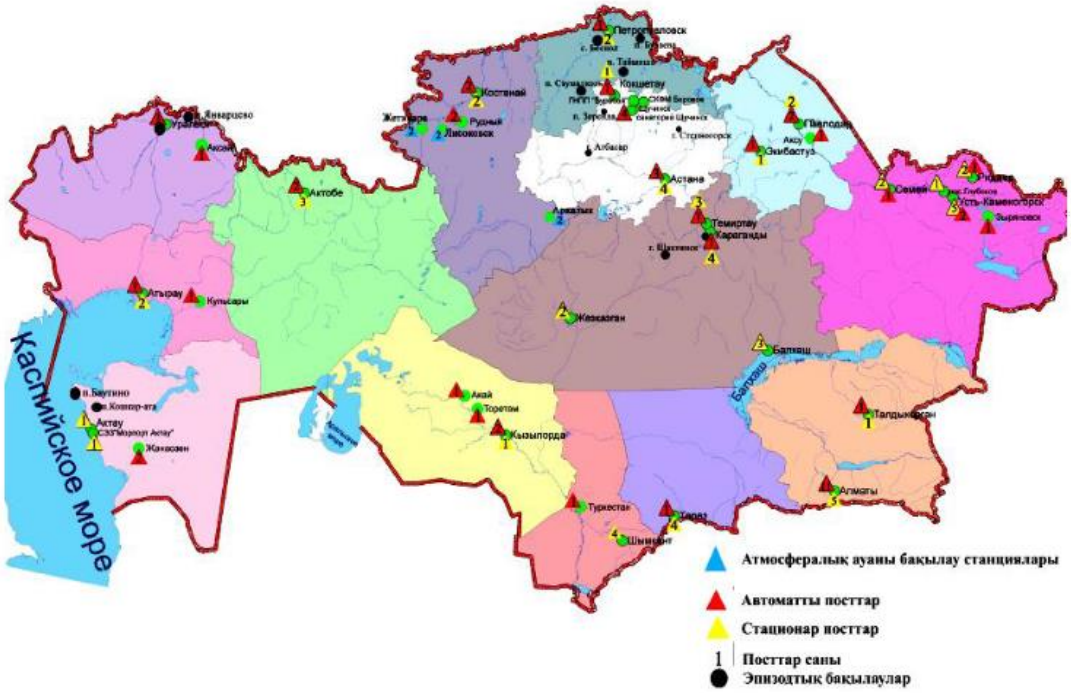
– табиғат объектілерінің жағдайын және қоршаған ортаға антропогендік әсерлерді кеңістікте және уақытта қайталануын бақылау;

– қоршаған ортаға әсерлердің және экологиялық қауіп-қатерлердің интегралды көрсеткіштерін бақылау мәліметтері бойынша бағалау;

– қандай да бір шаруашылық шешімнің салдарларын, сондай-ақ катастрофалық табиғи құбылыстардың ықтималдылықтарын болжау (антропогендік әсерлермен шартталған немесе олармен байланысты емес)

– табиғатты және адам денсаулығын қорғау бойынша басқарушылық шешімдерді дайындауды және қабылдауды ақпараттық қамтамасыз ету болып табылады.

Экологиялық мониторингтің ұсынылған нәтижелері «Қазгидромет» РМК бөлімшелерінің жұмыс нәтижелері бойынша дайындалған [1]. Қазақстан Республикасының аумағында атмосфералық ауаның жағдайын бақылау 28 елді мекендердегі 78 бақылау орындарында бақылау желісімен жүргізіледі, олар 1.2-суретте көрсетілген. Берілген бөлімде мониторингті талдау үшін еліміздің 4 мегаполисі және 3 ірі өндірістік қалалары таңдалып алынған.




**1.2 - сурет – «Қазгидромет» РМК ұлттық гидрометеорологиялық қызметінің бақылау пункттері жүйесі [18]**

Қуаты орташа жылу электр станциясы 1 сағатта 80 т көмір жағып, атмосфераға шамамен 5 т күкіртті ангидрид және 16-17 т күл бөледі. Атмосфералық ауаның тазалығына үлкен әсер ететін жағылатын отынның сапасы, жағу әдістері, газтазартқыш қондырғылар мен қалдық бөлетін

трубалардың биіктігі. ЖЭС газға көшіру зиянды қалдықтар мөлшерін біршама азайтады.

Сонымен қатар энергетиканың қоршаған ортаны отынның органикалық түрлерінің өнімдерімен, ондағы зиянды қоспалардың болуымен, жылу қалдықтарымен ластауда да үлесі көп. Бүкіл пайдаланатын энергоресурстардың 25% электр энергиясының үлесіне тиеді. Қалған білігі (75%) өндірістік, тұрмыстық жылуға, транспорт, металлургия, химиялық процестер үлесіне тиеді. Жыл сайын дүние жүзінде 25 млрд тоннадан аса энергия пайдаланылады. Энергетиканың қоршаған ортаға әсері отынның түріне байланысты.

Сапаның негізгі критерийлері елді мекендердегі ауадағы ластаушы заттардың шекті рұқсат етілген концентрациясының (ШРК) [1] мәндері болып табылады [2]. Атмосфералық ауаның қоспалармен ластану дәрежесі ШРК қоспаларының концентрациясын салыстыру кезінде бағаланады (мг/м$^3$, мкг/м$^3$).

Атмосфераның ластану деңгейі атмосфераның ластануының кешенді индексінің (АЛИ) мәні бойынша бағаланған, ол ШРК ең жоғарғы нормаланған мәндерімен, олардың қауіптілік кластарын есепке ала отырып есептелген, сондай-ақ ШРК артуы бойынша да бағаланған (1.1 - кесте).

**1.1 - кесте – Қазақстан Республикасы үшін ауаның құрамындағы жекелеген бөлшектер мен қоспалардың шекті рұқсат етілген концентрацияларының мәні**

| Қоспа атауы | ШРК мәні, мг/м3 | | Қауіптілік классы |
|---|---|---|---|
| | Максимал бір реттік | Орташа тәуліктік | |
| Көміртегі оксиді | 5,0 | 3 | 4 |
| Азот оксиді | 0,4 | 0,06 | 3 |
| Азот диоксиді | 0,085 | 0,04 | 2 |
| Өлшенген заттар | 0,5 | 0,15 | 3 |
| Фенол | 0,01 | 0,003 | 2 |
| Формальдегид | 0,035 | 0,003 | 2 |
| Қорғасын | 0,001 | 0,0003 | 1 |
| Аммиак | 0,2 | 0,04 | 4 |
| Күкірт диоксиді | 0,5 | 0,05 | 3 |
| Күкіртті сутек | 0,008 | - | 2 |
| Хлор | 0,1 | 0,03 | 2 |
| Фторлы сутек | 0,02 | 0,005 | 2 |
| Озон | 0,16 | 0,03 | 1 |
| Хлорлы сутек | 0,2 | 0,1 | 2 |

*1.1 – кесте жалғасы*

| Қоспа атауы | ШРК мәні, мг/м3 | | Қауіптілік классы |
|---|---|---|---|
| Хром (VI) | - | 0,0015 | 1 |
| Кадмий | - | 0,0003 | 1 |
| Хром | - | 0,0015 | 1 |
| Мыс | - | 0,002 | 2 |
| Көмірсутектер | 1,0 | - | 3 |

Жобалық құны 540 миллион доллар болатын жылу электр орталығын салу үшін қалада 80 гектар жер телімі бөлінген. Қазіргі уақытта жобаның техникалық-экономикалық негіздемесі әзірленуде. Осыдан 1,5 жыл бұрын облыс әкімдігі мен «Global Generation» ЖШС арасында «Талдықорған қаласында қуаттылығы 440 Гкал/сағ жылу электр стансасының құрылысы» инвестициялық жобасын жүзеге асыру бойынша ынтымақтастық туралы меморандумға қол қойылған.

ЖЭО құрылысына уақытша өтеулі жер пайдалануға 80 гектар жер телімі бөлінген, тағы 200 гектар шлак төгетін орынға бөлінген. Қазір жобалық топ құрылды, жобаны жүзеге асырудың жол картасы әзірленді. Техникалық-экономикалық негіздемені дайындаудағы мемлекеттің үлесі 2 млрд теңгеден астам, оған облыстық бюджеттен бөлінеді. Жалпы облыс орталығын жылумен қамтамасыз етіп отырған «Басқуат» қазандығына бүгінде жүктеме 90 пайызды құрайтынын атап өтті. Талдықорғанда жыл сайын жаңа әлеуметтік нысандар мен тұрғын үйлер салынып жатқандықтан, осы кезеңде кварталішілік қазандықтарды жаңғырту жұмыстары жүргізілгенімен, бұл жүктеме арта түседі. Демек, Басқуат 40 жылдан бері үздіксіз жұмыс істеп келе жатқандықтан, Талдықорғанға жаңа жылу электр орталығын салу экономикалық тиімді жоба әрі қауіпсіздік кепілі болмақ [3].

Әкімдік құрылыс 4 жылға созылады, 12 жылда ЖЭО шығынды өтейді деп есептеді. Сондай-ақ пайдалануға берілгеннен кейін 540 адам тұрақты жұмыспен қамтылады. ЖЭО жоспарлы жобалық қуаты 440 Гкал/сағ. Жылу электр орталығы құрылысы жобасын жүзеге асыру бойынша нақты тапсырмалар беріледі. Облыс экономикасын ірі инвестициямен, қаланы жылумен, электр қуатымен қамтамасыз ететін, бұдан бөлек 500-ден астам жұмыс орнын қамтамасыз ететін инвестициялық жобаны жүзеге асыруға белсенді және жауапкершілікпен қарау керек. Мемлекет кепілдігі ретінде біз бөлетін боламыз. техникалық-экономикалық негіздемені дайындауға қажетті қаражат. Жобаны жүзеге асыруда инвесторларға қажетті қолдау көрсете отырып, бірлесе жұмыс істеуіміз керек. Ең алдымен тараптардың – атқарушы орган мен инвесторлардың анықтауы маңызды. олардың ұстанымдары, мемлекеттік-жекеменшік әріптестік аясындағы келісім-шарттағы нақты тапсырмалары орындалады (1.3 –сурет).

**1.3 - сурет – Текелі ЖЭО - 2**

Қатты отынды жақ қанда атмосфералық ауаға толық Жанбаған отынның күлді бөлшектірімен бірге күкіртті ангидрид, азот оксиді, фторлы қосылыстардың кейбір қоспалары бөлінеді. Кейбір жағдайларда отын күлінің құрамында Мұнан да улы заттар қоспалары кездеседі. Мысалы, Донецк антрацигтерінің құрамында аз мөлшерінде мышьяк кездессе, Екібастұз көмірі күлінде — бос кремний диоксиді бар [4].

*Көмір*- планетада ең көп тараған қазбалы отын. Кейбір мамандардың айтуы бойынша көмірдің қоры 400-500 жылға жетеді. Көмірдің Мұнайдан тағы бір артықшылығы, ол дүние жүзі бойынша біркелкі таралған және Мұнайға қарағанда арзан. Бұрынғы КСРО кезінде ірі жылу-энергетикалық кешендер елдің шығысында орналасты, мысалы Екібастұз, Канск-Ачинск кең орындары. Ашық әдіспен өндірілетін бүкіл көмірдің төрттен бір бөлігі Екібастұз кен орнының еншісіне келетін. Мұндағы көмірдің қоры шамамен 9 млрд тонна деп саналады. Алайда Бұл кең орнынан алынатын көмірден күл көп шығады (50% дейін).

*Торф (шымтезек)* - энергетикалық тұрғыдан торфты (шымтезекті) кеңінен пайдаланудың қоршаған ортаға тигізетін жағымсыз жақтары көп. Біріншіден, су экожүйелерінің режимі бұзылады, сол жердің топырақ жабыны мен ландшафтының өзгеруіне алып келеді. Жергілікті жердегі тұіцы су көздерінің және ауа бассейнінің сапасын төмендетіп, ол жерде тіршілік ететін жануарлардың өміріне де қауіп төндіреді. Сондай-ақ оны сақтау және тасымалдау кезінде де экологиялық мәселелер туындайды.

*Сұйық отындарды* (мазут) - жақ қанда атмосфералық ауаға күкіртті ангидрид, азот оксиді, толық жанып бітпеген отын өнімдері, ванадий қосылыстары, натрий тұздары бөлінеді. Сұйық отын көмірге қарағанда біршама таза, қалдықтар ретінде көп жерді алып жататын, жел тұрса желмен

бірге таралатын күл- қоқыстар бөлмейді. Алайда сұйық отын экономикалық тұрғыдан қымбат болғандықтан тиімсіз. Д.И.Менделеев айтқандай, Мұнай жағу - пеште (ошақта) ассигнацияларды өртеумен бірдей.

*Табиғи газ* - көмірді табиғи газбен ауыстыру еңбек өнімділігін арттырып, шығын азайып өнімдердің (металл, құрылыс материалдары) сапасын көтереді. Ең негізгісі қаланын экологиялық ахуалын жақсартады. Сондықтан соңғы кезде көмір мен Мұнай өнімдерінің орнына табиғи газ көп пайдаланылуда. Егер көмір жақ қан кезде атмосфераның ластануын 1 бірлік деп есептесек, мазутты жаққанда - 0,6, табиғи газды пайдаланғанда - 0,2-ге тең. Табиғи газды пайдаланғанда атмосфералық ауаға зиянды $N_20_3$ (азот оксиді) бөлінеді, бірақ көмірмен салыстырғанда мөлшері 20%-ға төмен.

Электроэнергетиканың негізін жылу электр станциялары құрайды. Бұлардың үлесіне өндірілетін жалпы энергияның 70 % кедеді- Жылу станциялары жалпы өнеркәсіптен бөлінетін зиянды қалдықтардың 29%-ын бөледі. Олар өздері орналасқан жердің айналасына, биосфераға айтарлықтай әсер етеді. Әсіресе, сапасы төмен отындармен жұмыс жасайтын электр станциялары аса қауіпті [5-6].

Мысалы, 1 сағат ішінде 1060 тоннасы жағылған Донецкі көмірінен қазандықтардан 34,5 т қоқыс, газдарды 99%-ға тазалайтын электрсүзгіштердің бункерлерінен 193,5 т күл, ал [мұржалары арқылы атмосфераға 10 млн/м$^3$ түтінді газдар бөлінеді. Жылу станцияларынан бөлінген ағынды судың және территориядағы жаңбыр суының құрамындағы ванадий, никель фтор, фенолдар және Мұнай өнімдері су айдынына қосылып судың сапасына, су организмдерінің тіршілігіне әсер етіп, жылулы ластануға алып келеді. Қандай да бір заттардың концентрацияларының көбеюі нәтижесінде судың химиялық құрамы өзгеріп, ол өз кезегінде бактериялар мен су организмдерінің түрлік құрамы мен санына және су айдындарының өздігінен тазару процестерінің бұзылуына, санитарлық жағдайының нашарлауына алып келуі мүмкін.

Жылу электр станциялары қызған пармен қозғалысқа келетін турбиналардың көмегімен энергия береді. Турбиналарды үнемі сумен салқындатып отыру керек. Сондықтан жылу станцияларынан су айдынына, әдетте 8°С-12°С-қа жылынған су бөлінеді. Ал ірі жылу станциялары мен АЭС-тер судың үлкен мөлшерін қажет етеді. Олар 80-90 м$^3$/сек жылы суларды бөліп шығарады. Су айдынында температураның көтерілуімен олардын табиғи гидротермиялық режимі бұзылып судың «гүлдеуіне» алып келеді. Суда газдардың еру қабілеті төмендейді, судың физикалық қасиеті өзгеріп ондағы барлық химиялық және биологиялық процестер жылдам жүреді. Судың тұнықтығы бұзылады, қышқылдығы өзгереді, жеңіл тотықсызданатын заттардың ыдырау жылдамдығы артады және фотосинтез процесінің жүруі төмендейді.

## 1.2 Аз шығынды технологиялық шараларды қолданыстағы қазандықтарды құрастырып атмосфераға зиянды шығарындыларды азайту

Әрбір өнеркәсіптік кәсіпорын үшін атмосфераға шығарындыларды азайту бойынша шаралар кешені жеке таңдалады. Атмосфераға зиянды заттардың шығарындыларын азайту әдістері бірнеше негізгі факторларға байланысты:

- нақты өндірістік процестің түрі мен ерекшеліктерін;
- шығарындылардағы зиянды заттардың концентрациясы, физикалық және химиялық қасиеттері;
- қолданылатын жабдықтың техникалық сипаттамалары мен мүмкіндіктері;
- кәсіпорынның қаржылық мүмкіндігі.

Зиянды заттардың шығарындыларын азайту үшін белгілі бір жолдар бар:

- жылу өндіретін қондырғыларды оңтайландыру және тиімділігін арттыру;
- қондырғыларды экологиялық таза отынға ауыстыру;
- пайдаланылған газдарды зиянды заттар мен газдардан сүзу;
- құбырлардың биіктігін арттыру арқылы зиянды шығарындылардың дисперсиясын ұйымдастыру.

Арнайы қоспаларды қолдану және отынды жағудың заманауи технологияларын енгізу, жылу генераторларының режимін оңтайландыру және жұмыс уақытын қысқарту арқылы жылу өндіретін жабдықтың тиімділігін арттыруға болады. Көптеген кәсіпорындар жанармайды, мазут пен дизельдік отынды табиғи газға және синтетикалық отынға ауыстырады. Дисперсиялық аумақты ұлғайту зиянды заттардың концентрациясын азайтуға мүмкіндік береді, бірақ бұл әдіс бір реттік [7].

Зиянды шығарындыларды азайтудың ең тиімді әдісі пайдаланылған газдарды зиянды және қауіпті заттардан және химиялық қосылыстардан тазарту болып табылады. Заманауи жабдықты орнату, инновациялық технологияларды қолдану және тазалаудың ең тиімді әдістерін таңдау атмосфераға шығарылатын зиянды заттардың концентрациясын күрт төмендетуге, олардың мәндерін рұқсат етілген максималды рұқсат етілген концентрациясы (МРЕК) мен зиянды заттардың максималды рұқсат етілген эмиссиясы (МРЕЭ) деңгейіне дейін жеткізуге мүмкіндік береді.

Органикалық отынды жағатын жылу электр стансалары өзінің зиянды жану өнімдерімен атмосферадағы ауа бассейнін ластаушылардың негізгі көзі болып табылады. Орнатылған құралдардың басым бөлігі 1985 ж дейін қолданысқа енгізілген және осының салдарынан қазіргі заманғы ГОСТ Р 50831-95 экологиялық қауіпсіздік және отынды тиімді жағу шарттарымен сәйкес келмейді. Мұнда ГОСТ-тың жаңа енгізілген қазандар үшін

арналғанын, ал қолданыстағы қазандардың зиянды шығарындылары белгіленген шекті рауалы мөлшерінен аспауы керектігін ұмытпау керек. Әйтседе нәтижесі жеке сипат алады, сондықтан қолданыстағы қазандарға қоршаған ортаны қорғау шараларын енгізгенде белгіленген шарттар орындауға тырысу керек.

Ресейдегі электр энергиясы мен жылуды өндіруде басты рөл алатын газ-мазут қазандары үшін жану өнімдерінің ең зиянды құрамдасы $NO_x$ азот оксидтері болып табылады.

Қазіргі кезде $NO_x$ шығарындыларын азайту үшін әр түрлі технологияларды енгізуде жинақталған тәжірибе мол. Ол үшін қолданыстағы ЖЭС-терде көбінесе технологиялық (немесе ошақішілік) деп аталатын шаралар қолданылады, бұлар $NO_x$ шығарындыларын азайтуда тиімділігімен ғана емес, сондай-ақ оларды іске асыруда материалдық және уақыттық шығындарымен ерекшеленеді [2]. Технологиялық шаралар отынды жағу тәртібін өзгерту нәтижесінде $NO_x$ –тің пайда болуының төмендеуін қамтамасыз етеді. Қазан ошағындағы азот оксидінің пайда болуының қарқындылығы белсенді жану аймағының сипаттамаларымен анықталады – ауа щығынымен, ыстықтықтың көрсеткіштерімен және жану өнімдерінің жоғары ыстықтық аймақтарында болу уақытымен [8]. Көп қазандар үшін (суқыздырғыш қазандар мен бу өндірулігі 670 т/сағ-қа дейінгі қазандар) азот оксидтерінің шығарындыларының мәні рауалы мәнінен 1,5-2,0 есе асып кететінін айта кету керек.

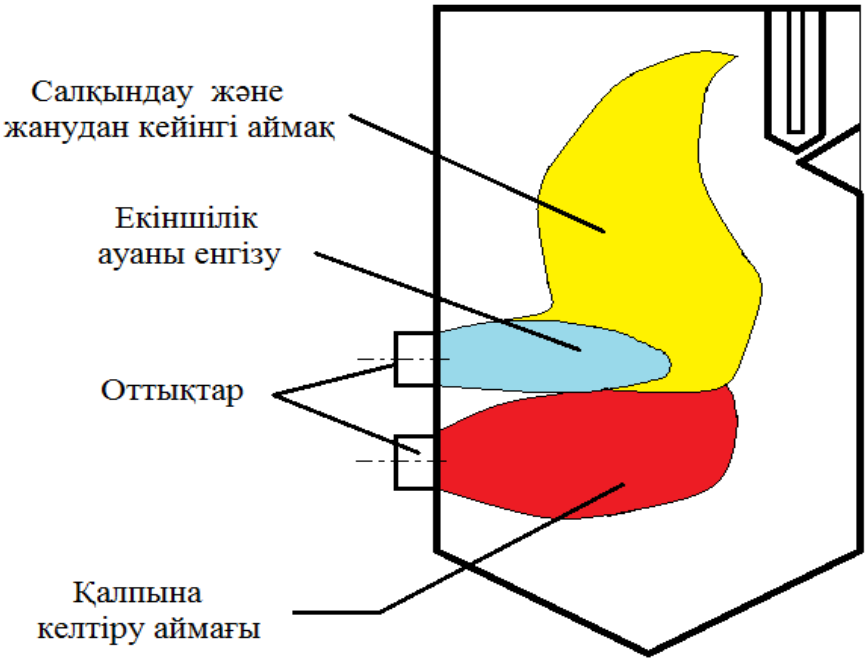
Реконструкция жүгізуге негізделген технологиялық шаралар тәжірибеде әрқашан экономикалық тиімсіз болады. Сондықтан мұндай қазандар үшін азшығынды технологиялық шаралар (қазан құрылымына қандайда болмасын өзгертулер енгізуінсіз) едәуір перспективті болады, көбінесе жануды ұйымдастыру: азайған артық ауа шығынымен, стехиометриялық емес және қарапайымдатылған екісатылаумен. Көп жағдайда, қандай да болмасын бір әдісті іске асырғанның өзінде $NO_x$ шығарындысының азайған қажетті мәні қамтамасыз етілмейді. Сонда осы әдістерді қиыстыру қолданылады. Кестеде МЭИ мамандарымен жасалған, өз кезегінде жақсы зерттелген және әр түрлі ЖЭС-тарға кеңінен енгізілген әртүрлі азшығынды технологиялық шаралар келтірілген (Безымянская ЖЭС, Казанские ЖЭО-1 мен ЖЭО-2, Рижская ЖЭО-2 және т.б.).

### *1.2.1 Азшығынды тәсілдемелік (технологиялық) шаралар*

Технологиялық іс-шаралар жағу тәртібін өзгерту есебінен $NO_x$ пайда болуын азайтуға мүмкіндік береді. Азоттың оксидының пайда болу қарқындылығы белсенді жану аймағының (БЖА) сипаттамаларымен – ауаның артықтығымен, ыстықтардың деңгейімен және жоғары ыстық аймағында болу уақытымен анықталады [9]. БЖА сипаттамаларын өзгертуге мүмкіндік беретін және қазан конструкциясына ешкандай да өзгерістер енгізуінсіз NO пайда болуын азайтуды қамтамасыз ететін, технологиялық

әдістер аз шығынды деп аталады. Төменде осы шараларды қазандықтарда іске асыру мүмкіндіктері көрсетілген.

Қарапайымдатылған екісатылы жағу, отын бойынша оттық бөлшектерін өшіргенде олар арқылы ауа беруді жалғастыру арқылы жүзеге асырылады (1.4 - сурет).




**1.4 - сурет –Екісатылы жағу сұлбасы**

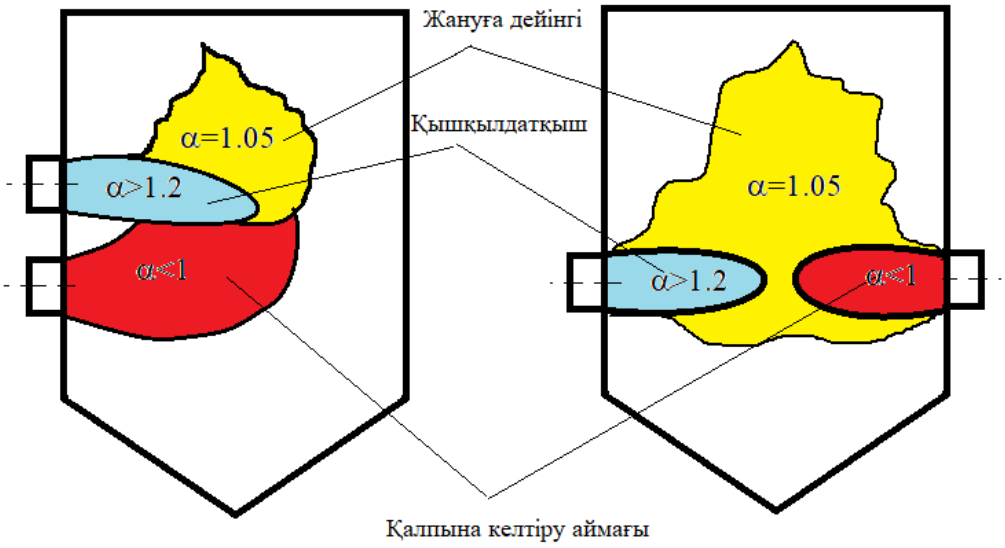
$NO_x$-тің пайда болуын бәсеңдетудің тиімділігі бұл жағдайда жану құтысындағы қышқылттағыш (окислитель-ный) мен қалпына келтіру (востановительный) көлемдері-нің мүмкіншіліктерімен анық-талады [4]. Бұл әдістің сәтті орындалуы үшін келесі шарт-тар орындалуы керек:

- оттық саны көп болуы керек немесе олар көп қабатты орна-ласуы керек;
- отын бойынша оттықтардың өндірулік қоры;
- оттықтардың қабаттарының ара қашықтығын таңдағанда қажетті созылыңқы қалпына келтіру аймағын қамтамасыз ету.

Бұл әдістің негізгі кемшіліктеріне кейбір қазандар үшін максималды жүктемелерде оттықтардың кейбір бөлшектерін өшіруге болмайтындығын және тиімділігінің жүктеме азайғанда сәйкесінше азаюын жатқызуға болады. Соңғысы қыздыру температурасы мен отынның толық жануын қамтамасыз ету мақсатында минималды жүктемелердегі ауа шығынының елеулі өсуінен болады.

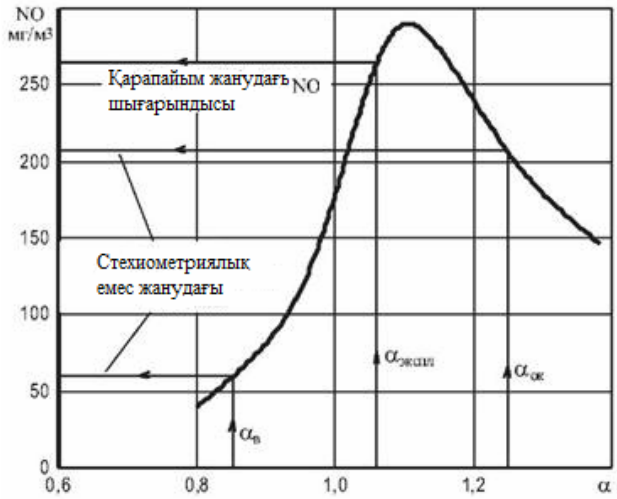
Тектеспеулік (стехиометриялық емес) жану (1.5 - сурет) ошақ құтысының (камера) көлемі бойынша жанудың қалпына келтіру ($\alpha_в$<1,0) және тотығу ($\alpha_{ок}$>1,20... 1,25) аймақтарының (1.6 сурет) құрылуының нәтижесінде, ошақтың шығы-сындағы дәстүрлі ауа шығы-ны сақталғанда (1.6 сурет) жүзеге асады. Қазандықтарда отынды стехиометриялық емес жағу от-

тық қондырғыларындағы отын мен ауа теңеспеуінің әртүрлі тәсілдерімен жүзеге асырылады. Разбаланс ауа, отын немесе бірдей ауа мен отынның оттықтары арасында қайта үйлесу нәтижесінде алынады.




**1.5 – сурет - Тектеспеулік (стехиометриялық емес) жану сұлбасы**

Стехиометриялық емес жағудың негізгі кемшілігі - қазанның жүктемесі төменде-генде NOx–ті бәсеңдету тиім-ділігінің төмендеуі болып табылады. Ереже бойынша бұл оттықтардағы отын-ауа-ның оңтайлы (оптималды) қатынастарының өзгеруімен байланысты. Берілген кемші-лікті жоюдың бір нұсқасы – оттықтағы отын-ауа қатына-сының реттеу жүйесін жөнге салу (егер қазанда орнатылған болса).




**1.6 - сурет –Азот қышқылының ауаның артық еселеуішіне тәуелділігі**

Бір қалыпты химиялық кемжанумен жағу – ең көп таралған және оңай іске асырылатын тәртіптік шаралардың бірі, ошақтағы ауа шығынын азайтуға негізделген. Берілген әдісті, әдетте оттықтардағы ауа шығынының еселеуішінің $\alpha_{max}$–ға жақын мәндерінде жұмыс істейтін, қолданыстағы қазандарға қолдануға болады (1.6 - сурет). Әдетте, ауа шығынын $\alpha_{раб}$ = $\alpha_{кр}$+0,02...0,04 мәніне дейін төмендету нәтижесінде азот оксидінің шығарындылары 10...30% -ға азаяды.

NOχ –ті бәсеңдетудің одан да жоғары тиімділігін α мәнінен $\alpha_{раб}$ мәнінен химиялық кемжану пайда болғанға дейін азайтқанда байқалады [10]. Шығар газдарындағы CO концентрациясы 50... 100 ppm болғанда әсері жоғары деңгейге жетеді [10]. Қазанда заманауи автоматтандыру құралдарынсыз мұндай жұмыс тәртібін сақтап тұру қиын және баты талап персоналдың жоғары мамандырылуы. Берілген шараны сәтті жүзеге асыру жану процесін үздіксіз қадағалап отыруды талап етеді, сондықтан мұнда жеткілікті тұрақты химиялық кемжануды қамтамасыз ететін отынды жағу мәселесі қаралып отыр, яғни соңғы кезде қолданыстағы қазандарға жиі енгізілетін, жұмыс тәртібін реттеу мен іске асыруда заманауи газаналиаторлары мен автоматтандырылған реттеу жүйелерін қолдану.

МЭИ-да қолданыстағы қазандарға (БКЗ-75-3,9ГМ, ЦКТИ-75-3,9РФ, ТПЕ-430, ТГМ-84А, ТГМ-84Б, ТГМ-96Б және т.б) осындай шараларды енгізуде жиналған тәжірибелер өте көп. Алайда жоғарыда қарастырылған шараларды енгізгенде барлық жағдайда қажетті нәтижеге қол жеткізілмеген. Азот оксидтерінің пайда болуын бәсеңдетудің тиімділігі аззиянды технологияларды біріктіріп қолданғанда жоғарлатуға болады. Бұл мақалада біріктірілген шараларды енгізудегі МЭИ-да жиналған тәжірибелер қарастырылған. Оған төмендегі қолданыстағы БКЗ-75-3,9ГМ және ТГМ-96Б қазандарына енгізілген тіршілік ортаны қорғау шаралар мысал бола алады.

## 1.3 Шаң көмір қазандарындағы азот тотығының эмиссиясын төмендету әдістері

Атмосфердағы зиянды шығарындылардың негізгі көздері (1,2):

1) ЖЭС және қазандықтар;

2) Өндірістік кәсіпорындар – химия өнеркәсібі, полимерлік материалдар мен өнімдер өндірісі, металлургия,жиһаз өнеркәсібі және т.б.

3) Дизельді қондырғылар (дизельдік электрстансалары мен генераторлар, кемелер мен тепловоздардың дизельдері, ауыр тау техникасы).

4) Автокөліктердің шығарынды пайдаланылған газдары екені белгілі.

Отынның жану өнімдерінде (көмірде, мұнайда, газда, ағаш отында), ЖЭС-тің, химиялық, мұнай өңдейтін, металлургиялық зауыттардың, автокөлік транспорттарының шығарындыларының құрамында:

- азот оксиді (NO азот тотығы, $NO_2$ азот диоксиді, $N_2O$ азот шала тотығы);
- $CO_2$ көміртегі диоксиді мен CO көміртегі тотығы;
- күкірт диоксиді ($SO_2$);
- көмірсутектер ($C_xH_y$) кездеседі.

Жағу өнімдерінің хлор құрамды өнімдерінде доксиндер болады. Азот пен күкірт диоксидтері ауа ылғалдылығымен әрекеттесіп қышқылдарды түзеді:

$$2NO_2+H_2O=HNO_3+HNO_2$$

$$3NO_2+ H_2O= 2HNO_3+NO$$

$$4NO_2+ H_2O+O_2= 4HNO_3.$$

Әлсіз азот қышқылы NO монооксидінің бөлінуімен ыдырайды және $HNO_3$ –ке айналады:

$$3HNO_2= HNO_3+2NO+H_2O$$

ал азот монооксиді $NO_2$-ге дейін қышқылдатылады:

$$2NO+O_2=2NO_2$$

Түзілген азот дикосиді жарықтың (иондық сәулелену) әсерімен азот монооксиді мен $O_2$ ауамен әрекеттесіп озон түзетін, атомдық оттегіге бөлінеді:

$$а)\ NO_2 \rightarrow NO+O;\ O+O_2=O_3.$$

$$б)\ 2SO_2+O_2=2SO_3;\ SO_3+H_2O=H_2SO_4.$$

Осылайша, атмосферадағы азот – $NO_2$ мен күкірт – $SO_2$ диоксидтерінің пайда болуы өз кезегінде жерге жаңбырмен бірге жауатын азот және күкірт қышқылдарының (қышқыл жаңбыр) түзілуіне алып келеді. Егер жаңбырлы судың pH $\leq 5 \div 6$ – қышқыл су деп аталады (pH=$3 \div 4$ – бұл асханалық сірке қышқылы).

в) Хлор құрамдас қосылыстардың әсері: озон қабаты химиялық тұрақсыз және фреондардың – фторкөмірсутек қосылыстарының, мысалы $CCl_2F_2$ – дифтордихлорметанның, әрекетінен жұқаруы мүмкін (hν күн сеулеленуінің әрекетімен жүретін фотодиссоциация):

$$CCl_2F_2 \rightarrow CClF_2+Cl$$

Хлор атомдары ары карай $O_3$-пен әрекеттеседі.

Атмосферадағы озон қабатының қалыңдығы небәрі 3мм; дегенмен $O_3$-тің ең көп концентрациясы 15-25 км биіктікте байқалады – бұл биіктікте күн сәулесі (hν) $O_2$ оттегі молекулаларын озон қабатын түзетін атомдарға «ұсақтайды»:

$$O_2 \rightarrow 2O;\ O_2 + O = O_3$$

Минус $60^0$С – та стратосферадағы озон су мен газдың қатты қосылыстарын айналуы мүмкін: $O_3 \cdot 5{,}7H_2O$ – бұл $O_3$-ті стартосферадан мехникалық түрде шығаратын клатрат деп аталады. Жер бетінің температурасы жоғары бөлігіндегі қабаттарда клатрат $O_2$ мен $H_2O$ –ге ыдырап кетеді.

ЖЭС-тердің ең көп таралған экологиялық зиянды шығарындылары кез-келген отын түрін жаққанда пайда болатын азот оксидтері ($NO_x$) болып табылады. Атмосфераға шығарылатын және пайда болатын $NO_x$ мөлшері отын түріне, жану процесін ұйымдастыру, шығар газдардан тазарту әдістеріне байланысты.

Азот оксидтерінің шығарындыларының көп бөлігін NO ахот монооксиді құрайды; ал аз бәлігін азот диоксиді $NO_2$ мен азот шала тотығы $N_2O$ құрайды.

Көмір жанғанда қатты қожшығаруы бар оттықтарда $NO_x$ –тің пайда болуының негізгі көзі болып отынның азотқұрамдас қосылыстары – анилин, пиридин және т.б. табылады, бұл заттардың термиялық ыдырауының нәтижесінде $NO_x$(NO және $NO_2$)-ке айналатын, HCN, $NH_3$, CN, NH, N заттары түзіледі. Отындағы азоттың $NO_x$- ке айналуы жанудың сипатына және азотқұрамды қосылыстардың бастапқы концентрацияларына байланысты.

1.2 кестеде органикалық отынды жаққанда қалдық газдардың негізгі құраушыларының меншікті шығарылуы келтірілген [11].

**1.2 – кесте - Органикалық отынды жаққанда қалдық газдардың негізгі құраушыларының меншікті шығарылуы, кг/т**

| Ластаушы зат | Көмір | | Табиғи газ |
|---|---|---|---|
| | қоңыр | тас | |
| $CO_2$ | 3200-3300 | 2600-2700 | 1600-1700 |
| CO | 14-55 | 14-55 | 3-7,5 |
| $NO_x$ | 4,0-6,0 | 2,5-7,5 | 1,3-4,5 |
| $SO_x$ | 5,0-25,0 | 1,5-8,0 | 1,4-4,4 |
| Қатты бөлшектер | 70-100 | 60-80 | 0,1-ге дейін |

*Ескерту.* Меншікті шығарындылардың мәндерінің шашыратылуы отынның химиялық құрамыны мен қолданылатын есептеу әдістемесінің әртүрлілігімен байланысты.

Көмір ЖЭС-терінің басты міндетті электростансаның атмосфераға шығаратын әр түрлі газды зиянды шығарындыларының рауалы мәндерін қамтамасыз ету үшін $NO_x$ эмиссиясын бәсеңдетудің қазіргі заманғы экономиялық үнемді және тиімді технологияларын әзірлеу мен енгізу.

*1. $NO_x$ шығарындыларына байланысты заңнама.* Үлкен көмір жағатын өндірістік қазандар(жылулық қуаты 500МВт-тан жоғары) үшін Еуропалық экономикалық қауымдастықтың деректемелері бойынша мүмкін болатын $NO_x$ эмиссиясы [12]:

- 500 мг/м$^3$ қолданыстағы ЖЭС-тер үшін 6% $O_2$ болғанда;
- 200 мг/м$^3$ жаңа ЖЭС-тер үшін 6% $O_2$ болғанда.

*2. $NO_x$ шығарындыларын азайту тәсілдері.* Көмір жағатын қазандарда $NO_x$ шығарындысын азайтудың әр түрлі режимді-технологиялық шаралары жасалған: қазан жұмысын тиімділеу, аз зиянды оттықтар, ауаны сатылап енгізу, шығар газдарды кері қайтару, селективті каталиттік және каталиттік емес қалпына келтіру [12].

*2.1 $NO_x$-ті ошақ ішінде бәсеңдету* [12]. Қатты қожшығарулы ошақтарда жоғары сапалы тас көмірді жаққанда 20 % термиялық $NO_x$ (жану кезінде ауадағы молекулалық азоттың қышқылдану есебінен), 75 % отындық $NO_x$ (отындағы химиялық байланысқан азоттың қышқылдану есебінен), 5 % азоттың жылдам қышқылдары (молекулалық азот пен көмірсутек радикалдарының арасындағы реакцияның нәтижесінде).

Отын құрамындағы азот қанша көп болса, көмір жанғанда $NO_x$ эмиссиясы соғұрлым жоғарырақ болады.

*Қазан жұмысын тиімділеу* [12] диірменді теңгерту, ауалық регистрлерді жөндеу, ауалық ағын мен көмір ағындарын біркелкі бөлу және т.б. Шекті төмен ауа шығынымен жұмыс жасағанда СО-нің сенімді сезгілері керек; жанбай қалған көміртегінің пайда болуын анықтайтын сезгі керек; әр оттық үшін ауа-отын қатынасын күйге келтіру орны қажет.

Жану процесін оңтайландыруда жану процесінің тиімділігі көбінесе ауа-отын қатынасымен , сондай-ақ қазан ішіндегі ауаны тиімді үйлестірумен анықталады; бұл жағдайда қазан агрегаттарында шаң көмірлі отынды қолдануда отын мен ауа арасындағы қатынасты тиімді тепе-теңдікте ұстап тұру өте қиын екенін ескеру керек.

Жұмыста [13] американдық оттығы тангенциалды шаң көмір қазандарындағы $NO_x$ шығарындылар азайту қарастырылған. Қазанға отын ретінде жоғары сапалы тас көмір қолданылған, сипаттамасы: $W^r$=9,9%, $A^r$=8,5%, $Q^r$=27,6 МДж/кг (6590 ккал/кг). Көмір құрамындағы күкірт мөлшері – 2,8 %, азот – 1,4% (жанғыш бөлігіне), ұшпа заттар шығысы – 35,6%. Оттықтың қатты қож шығарулы ошақ камерасы бес қабатта биіктігі бойымен орналасқан. Азот оксидтерінің меншікті шығарындысы 0,267 г/МДж-ді құрады, бұл $NO_x$ концентрациясы = 720мг/м$^3$-қа сәйкес келеді. Жүктеме 0,8 номинальдіге дейін төмендегенде, $NO_x$ конценрасиясы 680мг/м$^3$-қа дейін (0,254 г/МДж) төмендеп отырды. Жаңартудан кейін, аэроқаспа саптамасына шектесе байланысқан, ауа саптамаларының бір бөлігі

жанама бойымен бағытталғанда және саптамалар бөлінгенде, $NO_x$ шығарындылары 520мг/м$^3$ – ді (0,193г/МДж) құрады.

*2.2. Аз зиянды оттықтар* [12] құйынды, тангенциалды оттықты ошақтарда $NO_x$ – ті азайту үшін қолданылады. Құйынды оттықты ошақтар үшін қарапайым қолданыстағы отықтарды ауыстырады. Тангенциалды оттықты ошақтар үшін көмір инжекторлары мен ауалық саптамаларды орнату қажет. $NO_x$ эмиссиясын көп мөлшерін жоғары реакциялы көмірлерді жағу арқылы азайтуға болады: жоғары реакциялы көмірлер 6% $O_2$ болғанда $NO_x$ эмиссиясын 400мг/м$^3$ алуға болады.

Аз зиянды оттықтар сатылы ауа жеткізу принципі бойынша жұмыс істейді. Олар $NO_x$ –ті бәсеңдетудің басқа да біріншілік әдістерімен біріктірілуі мүмкін - $NO_x$ шығарындыларының азаюының жоғарырақ қосынды көрсеткіштерне жету үшін 2 және 3 сатылы жағу.

Жұмыста [5] $NO_x$ пайда болуын азайту үшін ошақтық оттықтардың құрылымдық сипаттамасы мен жанудың техникалық параметрлері өзгертілді.

Шаң көмірлі қазандарға аз зиянды оттықтарды орнату (мысалы, екі регитрлі оттық Бабкок-Вилькос (АҚШ), Митсуи Бабкок фирмасының құйынды оттықтары $NO_x$ концентрациясын 500-570мг/м$^3$ –ке дейін азайтады).

Оттықтарды ауыстырудың басты себебі $NO_x$ шығарындысының рауалы мәнін қамтамасыз ету міндеті. Жұмыста [11] табиғи газды жаққандағы аз зиянды шығарыдылы оттықтарды зерттеу нәтижесі келтірілген. ТГ-104 және ТГМЕ-206 қазандарында зауыттық оттықтарды ЗАО «Экотоп» және «Todd Combustion» фирмаларының тура ағынды құйынды оттықтарымен алмастыру $NO_x$ шығарындысын 700-ден 250-300мг/м$^3$-ке дейін 2-2,5 есеге азайтуға мүмкіндік берді. «Альтсон» фирмасының оттық қондырғылары мен құрылымдары шаң көмірлі қазандар үшін қалдық концентрацияның 500 мг/м$^3$-тен төмен, ал селективті каталиттік қалпына келтірумен қиыстырғанда – 100мг/м$^3$-ке дейінгі мәнін қамтамасыз етеді.

*2.3.Ауаны сатылап енгізу* [12] немесе екі сатылы жағу – аз зиянды оттықтармен салыстырғанда $NO_x$ –тің 50%-ға дейін азаюын қамтамасыз ететін тангенциалды ошақтар мен құйынды оттықтарға арналған технология.

«Матсуи Бабкок» фирмасының екі сатылы жағу технологиясы: ошаққа үшінші ауа арнайы құрылымдық саптама арқылы жоғарырақ жылдамдықта енгізіледі, осылайша үшіншілік ауа сорғыларының енуін және жану өнімдермен араласуын жақсартады. Жағып біту аймағындағы ретсіздіктің артуы ағынның бірқалыпсыздығын азайтады. 6% $O_2$ болғанда $NO_x$ концентрациясы 437мг/м$^3$-ті құрайды.

Жұмыста [14] жоғары реакциялы көмірді (Г және Д маркалы) екі сатылы жағу арқылы $NO_x$ эмиссиясын бәсеңдету қарастырылды және жанынан үрлеуі бар тура ағынды қазандарда ауаның артықтық есеслеуішін терең төмендеткен жағдайда екі сатылы жағу үш сатылы жағудан кем түспейтіні анықталды. Мұнды оттықтардағы ауаның артықтық есеслеуішін азайту үшін жанынан және үстінен үрлеумен қатар, зиянды шығарындылары

мен отынның кем жануының азаюын қамтамасыз ететін, астынан үрлеуді міндетті түрде қолдану керек.

Жұмыста [15] қазан ошақтарында газды сатылап жағу нәтижесінде $NO_x$ түзілуінің механизмі зерттелді. Оттықтар ішіндегі ішене сатыларды қиыстыру мен газды қабаттарға қайта бөлу арқылы $NO_x$ -тің «шапшаң» және «термиялық» механизм бойынша түзілуін бәсеңдету мен $NO_x$ концентрациясын 45мг/м$^3$-ке дейін едәуір төмендетуіне себеп болатын шарттар орындалды. Авторлардың ұйғарымы, «шапшаң» және «термиялық» азот оксидтерінің эмиссиясын тиімді азайту үшін шапшаң $NO_x$ -тің түзілу аймағына оны едәуір «бай» қоспалардың аймағы мен газдардың кері қайтаруын қолдану арқылы оттықтағы жоғарғы жалпы жанып біту аймағына ысыру арқылы.

*2.4.Шығар газдаркері қайтару* [12] үлкен өндірістік қондырғылардағы бу ыстықтығын бақылау үшін кеңінен қолданылады. $NO_x$ -ті төмендету үшін газдарды кері қайтару тәсілін қолдану термиялық $NO_x$ -ті төмендетудегі маңызды факторлармен – ыстықтықтың өмендеуі мен $O_2$-нің ауаның қоспасымен сұйылтуымен байланысты. Әдістің тиімділігі газдарды енгізу орына байланысты – кері қайтқан газдарды оттықтар арқылы енгізудің тиімділігі жоғарырақ.

Алайда бұл жағдайда, егер көмір жағатын стансаларда жалпы $NO_x$ эмиссиясына термиялық $NO_x$ -тің салыстырмалы үлесі аз болса бұл әдіс қолданылмайды.

*2.5.Үш сатылы жағу* [12] – ауа мен отындық бөлініс(распределения) қағидасын біріктіретін $NO_x$ шығарындыларын азайту технологиясы, уш жану аймағын құруға негізделген. Негізгі аймақта рауалы ауа шығынында 1,05-1,1 жылу бойынша (көмір) отынның шамамен 80% жанады және $NO_x$-тің басым бөлігі түзіледі. Алайда темпераура неғұрлым төмен болса соғұрлым термиялық $NO_x$ төмен; оттегінің неғұрлым төмен концентрациясы соғұрлым төмен отындық $NO_x$-ке алып келеді. Қалпына келтіру аймағында жылу бойынша 20% отын(жұқа ұсақталған көмір, газ) енгізіледі, ыдырағанда біріншілік аймақтағы $NO_x$ –пен реакцияға түсіп HCN азоттық қосылыстарын түзетін, көмірсутек радикалдарын түзеді. Соңғысы азот молекулаларына дейін ыдырап $NO_x$ –ті тиімді бәсеңдетуге ықпал етеді. Қалпына келтіру аймағындағы тиімді ауа шығыны 0,85-0,95. Үшіншілік ауаны енгізу барлық жанбай қалған өнімдердің толық жануын қамтамасыз ететін жанудың біту аймағын қалыптастырады. Үш сатылы жағу технологиясын қолданғанда туындайтын мәселелер:

1. жүру уақыты: біріншілік аймақта – негізгі отынның толық жануының кепілі; қалпына келтіру аймағында – екіншілік отынның ыдырауына сәйкес болуы керек; жанып біту аймағында – әкетінді құрамындағы жанғыш заттардың мөлшері қалыпты жағдайда болуын қамтамасыз ету үшін жеткілікті болуы керек.

2. қосымша қондырғы қажет – басқару жүйесі мен апараттарын бақылайтын жаңа қораб;

3. диірмендерді жаңарту – әкетінді құрамындағы жанғыш заттар мөлшерінің қалыпты мәніне жету үшін, бөлектердің өлшемін («тотина помола») кішірейтуді талап етуі мүмкін. Үшсатылы жағудығ нәтижесінде $NO_x$ концентрацияларының мәні 325 ч 250 мг/м$^3$ –ті құрады (ауа шығынының төмен мәнінде) ( Англия, Италия фирмалары).

Жұмыста [15] Кузнецкілік Г және Д маркалы көмірді ауа шығыны α≈0,7 болғанда ТПЕ-214 қазандарында $NO_x$ шығарындылары азайту үшін үш сатылы жануды қолданғандағы мәліметтер келтірілген. Түтін газдарындағы $NO_x$ –тің мөлшері 350 мг/м$^3$-ті құрады, ал екі сатылы жағу нәтижесінде – 440 мг/м$^3$ болған.

Жұмыста [15] сондай-ақ қалыптастырудың көмірлі сатысы бар үш сатылы жағу қарастырылған және бекітілген, қарапйым тәртіпте 5 диірменмен жұмыс істейтін қазандарда:

- қалпына келтіру сатыны ұйымдастыруынсыз $NO_x$ концентрациясының мөлшері =580-740 мг/м$^3$-ті құрады;
- қалпына келтіру жүйесін ұйымдастырумен $NO_x$ концентрациясы экономайзер сыртында 530-680 мг/м$^3$-ті құрады.

4 диірменді тәртіпке ауысқанда $NO_x$ концентрациясының мөлшері 480-450 мг/м$^3$-ті құрады.

Жұмыста [16] авторлар жоғары реакциялы көмірді үш сатылы жағу сұлбаларын қолдануды қабырғалы жағдайларда қарастырған. Бұл сұлбаның маңыздылығы отынды негізгі бөлігін ауа шығынымен (α≈1,05) және одан кейін қалпына келтіру аймағында отынның толық жанып бітуін қамтамасыз ету. Соңғысы аймақтағы ауа шығысы α≈0,9-1,0 болғанда қаплына келтіруші отынды бергенде пайда болады. Қабырғалық әдіс нәтижесі бойынша бұл сұлбаны қолдану арқылы $NO_x$ шығарындысыныңмөлшерін 60 %-ға азайтуға болады. Әдісті қазандарға қолдану $NO_x$ шығарындысының мөлшерінің 40%-ға азайғанын көрсетті.

Сондай-ақ жұмыста [17] қатты отынды үш сатылы жағу да көрсетілген. Мұнымен қоса қалыптастыру аймағын қалыптастыру үшін ешқандай дайындаудан өтпеген негізгі қатты отын қолданылды (асажұқа ұсақтау, синтез-газды алу және т.б.). Өлшеулердің көрсетуінше, ПК-14 ВТГРЭС қазандарында екібастұз көмірін үш сатылап жаққандағы $NO_x$ шығаруының мөлшері 450-460 мг/м$^3$-ке дейін төмендеген, әкетінді құрамындағы жанғыш заттар мөлшері екі сатылы жағу тәртібіндегі белгіленген деңгейге дейін төмендеген.

<u>2.6.</u> Жұмыста [17] жылугенераторларының түтін газдарын $NO_x$-тен тазартудың шық нүктесінен төменгі ыстықтыққа дейін суытуға, азот оксидтерін қышқылдату мен озон қатысында азот оксидтерін сумен(су буынық шығымен) абсорбциялауға негізделген үрдісі қарастырылған. Түтін газдарындағы азот оксидтері сумен абсорбияланғанда сұйылтылған азот қышқылының түзілуі жүреді. Түтін газдарын тазарту кезінде $NO_x$ сумен абсорбцияланғандағы химиялық құбылыстардың болмысы, азотты сумен

жұту үрдісінің негізгі көрсеткіші озонның қатысуы, сондай-ақ ыстықтығы(тиімді мәні 30-40$^0$С) екенін көрсетті.

Жұмыста [17] АҚШ-тің шаң көмірлі қазандарында $NO_x$ мен $SO_x$ –нің шығарындыларынан бір уақытта тазарту технологиясы келтірілген.

Мамандардың ойынша, РФ-ғы электростансалардың көп бөлігін қатты отын түріне ауыстыру тиімді, бұл өз кезегінде атмосфераға шығарылатын азот пен күкірт оксидтерінің және күлді болшектердің мөлшерінің артуына алып келеді.

ЖЭС-тарындағы түтін газдарын қатты бөлшектерден тазарту 99,5-99,9% болса, онда тек қаржыландыру мәселесімен тоқтап тұр, ол $NO_x$ мен $SO_x$ шығарындыларының мәнін бір уақытта өте үлкен мөлшерде азайту үшін жаңа технологияларды енгізу үшін қажет.

АҚШ-та $NO_x$ мен $SO_x$ шығарындыларынан бір мезетте тазартудыңкелесі технологиялары қолданылады:

1) аса жұқа шаңды пайдалану арқылы үш сатылы жағу мен концентрлік пайдаланып $NO_x$ –ті азайту;

2) түтін газдарын $NO_x$ мен $SO_x$ шығарындыларын азайту мақсатында тазарту – сорбент регенерациясы мен электрофильден кейінгі қайнаған қаббаттың адсорбері арқылы құрғақ тазарту; сорбент ретінде көмірқышқылды натриймен байытылған алюминий оксидтерінің сфералық бөлшектері қолданылады;

3) $NO_x$ –ті DRB-XCLаз зиянды оттықтарын қолданумен азайту;

4) үш сатылы жағуды газды қолданумен қиыстыру – тангециалды ошақтар үшін газдың үлесі 18% болғанда; циклонды ағы ошағы бар қазандар үшін;

5) $NO_x$ мен $SO_x$ шығарындыларын азайтудың қиыстырылған құрғақ әдісі – үшіншілік ауаның аз мәніндегі аз зиянды оттықтарды қолдану барысында.

Төменде екі тиімді әдістер қарастырылған.

Газ қолданатын үш сатылы жағу мен құрғақ аддитивтік әдістерді қиыстыру

85% мөлшердегі қатты отын негізгі аймақта жағылады, ал отынның газ түрдегі қалған бөлігі негізгі зонадан кейін ауа кемшілігімен ошақ көлеміне беріледі. Нәтижесінде азот оксидтерінің бөлшектеп азот молекулаларына өтуі жүретін қалпына келтіру аймағы құрылады.

Алаудың үстінгі бөлігіне күкірт диоксидтерін байланыстыратын кальций құрамды сорбент сығылады – осылайша берілген әдіс көмір қазандарындағы қарапайым үш сатылы жанудан ерекшеленеді.

Берілген әдіс ЖЭС-тің 80МВт пен 40МВт қайраттық құрама қазандарына енгізілген. Бірінші қазан құйынды оттықтарыд тангенциалды орнатылған қатты қожшығарушы ошақпен жабдықталған. Екінші қазан циклонды алғы ошақты қазан. Негізгі отын – күкірт үлесі 3% құрайтын тас көмір. Екі қазанда да $NO_x$ мен $SO_x$ шығарындыларының азаюы байқалды:

бірінші қазанда $NO_x$ –тің азаюы 75% , $SO_x$ - 53%-ға азайды; екінші қазанда - $NO_x$ –тің азаюы 74% , $SO_x$ - 58%-ға азайды.

Қатты бөлшектердің шығарындысы жоғарламады және бұған электрофильтр алдында түтін газдарын ылғалдандыру себеп болды.

*Ізбестің инжекциясымен қиыстырылған көп сатылы оттық*

DRB-XCL типті аз зиянды отықтарды қолданған жағдайда $NO_x$ шығарындыларының азаюы 40-50% , $SO_x$ –ті байланыстыру деңгейі бастапқы көмірдің құрамындағы күкірттің үлесіне байланысты өзгерді – 53-тен 60%-ға дейін ізбесті қолданғанда, 42-ден 50%-ға дейін доломитті қолданғанда, 22-ден 25%-ға дейін ізбестасты қолданғанда.

*2.7.* Алайда көрсетілген әдістер $NO_x$ шығарындыларының нормалық шарттарын қамтамасыз ете алмайды. Сондықтан бұларды жетілтіру қажет, сондай-ақ төменде көрсетілген басқа да әдістерді жетілдіру және қолдану керек.

*2.8.Селективті каталиттік және каталиттік емес қалпына келтіру*. Энергетикада түтін газдарын азот оксидтерінен тазарту үшін келесі технологиялар қолданылады:

- катализатор қатысындағы селективті каталитті қалпына келтіруді;
- селективті каталиттік емес қалпына келтіру.

Екі технология да қалпына келтіруші ретінде сұйытылған аммиак, амикаты су, карбамид және мүмкін басқадагидролиз бен термиялық ыдырау нәтижесінде аммиакты генерациялайтын азот құрамды қосылыстар қолданылады. Бұл жағдайда ЖЭС-те аммиакты немесе басқаларын қабылдайтын, сақтайтын және беретін бұрыш немесе арнайы аммиакты шаруашылық қажет болады.

*2.8.1. Селективті каталиттік қалпына келтіру* [12]. Құрылғы аммиакты беру мен енгізу жүйесінен, ұяшықтар топтамасы бар реактордан – катализаторлардан, жеткізу құбырлары мен басқару құралдарынан тұрады. Аммиак саптамалар жүйесі арқылы шығар газдарға беріледі және алынған қоспа экономайзер мен ауа қыздырғышының аралығында орналасқан ванадий, титан, платина негізіндегі 3-5 қабат металл катализаторларынан өтеді. Катализатор бетінде $NH_3$ –пен $NO_2$ молекулалық азот пен су буын түзіп әрекеттеседі:

$$4NO+4NH_3+O_2=4N_2+6H_2O.$$

Бұл әдіс $NO_x$ эмиссиясын 90%-ға азайтуға мүмкіндік береді. Алайда белгілі кемшіліктері де бар:

- әдіс көп қаражатты талап етеді;
- аммиак ішке өтіп кетуі мүмкін.

Аммиак: 1) ұшпа аймағын қолдануға жарамсыз етелі;

2) күкірттазартуға өткен жағдайда гипстың бөлінуніне алып келеді, ал ол қатты қалдық ретінде тазартылады.

3) бөлме ішінде жағымсыз иісті тудырады:

- катализаторлар ұшпа заттармен толып қалуы мүмкін.

*Селективті каталиттік емес қалпына келтіру* – нәтижесінде оттегінің қатысында $NO_x$ –пен әрекеттесеттін және $NO_x$ –ті азот пен суға ыдырататын аммиакты түзетін $NO_x$ шығарындысын азайту әдісі. Бұл реакция өте жоғары 850-1100 $^0$ С ыстықтықтарда жүреді, сондықтан раегентті конвектиты газ жолы арқылы енгізіледі. Газдарды тазарту жүйесінің негізіне карбамидті қолдану арқылы азот оксидін жоғары температуралы селективті каталиттік емес қалпына келтіру жатады.

Тазарту процесі 850-1100$^0$ С ыстықтық аралығында брутто-реакциямен өтеді:

$$2CO(NH_2)_2+4NO+O_2=4N_2+2CO_2+4H_2O.$$

Газ тазартудың жоғарғы деңгейіне жету үшін қалпына келтіргіштің раекция аймағында болу уақыты 0,3-0,5 с құрайды. Қатты карбамидтің шығынының (кг/ч) азот оксидтерінің шығарындыларының массалық көлеміне (кг/ч) қатынасына тең болатын, қалпына келтіргіштің шығын еселеуіші қазанның жұмыс тәртібіне байланысты 1,1-2 аралаығында өзгереді.

$NO_x$ –ті қалпына келтіру үшін объктте түйіршіктелген карбамидті химиялық тазартылған сумен араластыру арқылы дайындалатын немесе дайын күйде жеткізілетін, карбамидтің 40 % -дің сулы ерітіндісі қолданылады [18].

Карбамид ерітіндісін дайындау орталығының құрамына қатты карбамидті сақтайтын ыдыс, ерітіндіні дайындайтын бак пен карбамидті ерітуге арналған және ертінідіні шығыс ыдысқа айдайтын сорғы кіреді. Ерітіндінің берілген концентрацияны алу үшін қатты карбамид пен химиялық тазартылған судың қажет мөлшерін ертінді дайындайтын бакқа жібереді. Ерітінді дайындай кезінде еріту процесінің тез жүруі үшін құйынды сорғыны қосады. Дайын ерітінді жұмыстық шығын ыдысына айдатылады, одан кейін дозатор-сорғысы арқылы су буымен ($P \leq 13$кгс/см$^2$, t=240$^0$C) араластырылатын араластырғышқа беріледі. Ары қарай букарбамидті қалпына келтіруші қоспа үлестіргіш қондырғылар арқылы қазанның тиімді ыстықтықтағы аймағына жіберіледі. Қалпына келтіруші қоспаны енгізу үшін арнайы ағынша типті бүркегіштер қолданылады.

Газдарды тазалау процесі автоматтандырылған басқару жүйелер арқылы реттеліп отырады. Сондай-ақ тазарту процесін қолмен басқару арқылы жүргізу де мүмкін.

ТП-87 қазандарына байланысты техникалық құжаттарының негізінде, үлестіргіш құралдарды орналастыруға тиімді аймақ ретінде 26м мен 34м биіктіктегі қазанның шеткі қабырғалары (шымылдықты буқыздырғышы мен әдіп арасы) екені анықталды. Қалпына келтіргіш қоспаның берілуі саптама құралдарының тесіктерінен ағу жылдамдығының аумалы мәнінде жүргізілуі керек, ол өз кезегінде оның түтін газдар ағынының бойында максималды тез және біркелкі үлесуіне мүмкіндік береді.

Араластырғышқа берілетін бу көрсеткіштері бугазды қалпына келтіруші қоспаның түзілуін және газ жолы көлеміне қоспаның таралу сапасын қамтамасыз ету керек. Карбамид ерітіндісінің берілуі уақытша тоқталыған жағдайда бу үлестіргіш құралдарды суықыш жүйеге берілуі тиіс.

Автоматты басқару жүйесі газдарды азоттан тазартудың қажетті деңгейін беріп және бақылап отыруға; карбамид ерітіндісінің шығынын тиімділеуге; процестің барлық көрсеткіштерінің мәнін бақылап, керек жағдайда өзгертіп отыруға; тазалайдың процесінің статистикалық мәліметтерін өңдеп және оларды компьютер дисплейіне график немесе басқа түрде шығаруға мүмкіндік береді.

*Болжамды нәтижелер.* Ұсынылатын тазалау жүйесі, егер түрдегі табиғи газбен жұмыс істегенде азот оксидтерінің бастапқы кнцентрациясы ≤500мг/нм$^3$, ал көмірмен жұмыс істегенде ≤1500 мг/нм$^3$ шарты орындалған жағдайда азот оксидтерінің шығарындыларының мөлшерін азайтудың техникалық тапсырысына қажетті деңгейін қамтамасыз етеді. Тазартылған газдар құрамындағы $NO_x$ –тің концентрациясының мәні табиғи газбен(α=1,4) жұмыс істегенде 125мг/нм$^3$ –тен және көмірмен(α=1,4) жұмыс істегенде 570 мг/нм$^3$ –тен аспайды.

Жұмыста [18] қоқыс жағатын қазандарға түтін газдарын азот оксидтерінен тазартудың каталиттік емес жүйесін енгізу көрсетілген.

Қазіргі кезде қатты тұрмыстық қалдықтарды (ҚТҚ) заласыздандырудың басты технологиясы ретінде оларды әр түрлі типті қондырғыларда жағу болып табылады. Термиялық заласыздандыру процесін ҚТҚ-ға олардың қайраттық потенциалдарын ескере отырып қолдантын болсақ ҚТҚ-ы тиімді кәдеге жарату проблемасының шешімін қамтамасыз етеді. ҚТҚ-ын жағумен бірге әр түрлі зиянды заттардың бөлінуі де жүреді: азот, күкірт, көміртегі оксидтері, хлор сутегі, фтор сутегі, диоксин мен фурандардың, сондықтан қазіргі қалдықжағушы қондырғылар түтін газдарындағы зиянды заттарды қажетті қалыпты мөлшерге азайту үшін шаңгазұстағыштар жүйесімен жабдықталған.

№2 қалдықжағатын зауытта ең алғаш рет түтін газдарын $NO_x$ –тен тазартуды жоғары ыстықтықты каталиттік емес қалпына келтіргішты қолданып қарапайым азотқа дейін тазарту жүйесі қарастырылған, каталиттік қалпына келтіргіш ретінде карбамид қолданылды.

Қатты тұрмыстық қалдықтарды жаққанда $NO_x$ –тің түзілуі: 1) жануға берілетін ауа азоты («термиялық» $NO_x$ ) мен 2) ҚТҚ-ң құрамына кіретін химиялық байланысқан азоттың («отындық» $NO_x$ ) қышқылдануы есебінен жүреді. Жалпы $NO_x$ мөлшерінің «отындық» құраушысы мөлшері «термиялық» құраушысынан бір неше есе артық. Азот құрылымы, құрамына байланысқан азот кіретін қосылыстар табиғаты, сондай-ақ жану шарттары – химиялық байланысқан азоттың органикалық отында NO азот оксидине айналу дейгейін көрсететін факторлар, бұл отын құрамындағы азоттың үлесіне байланысты 10-100% құрайды.

Түтіг газдарының құрамындағы «отындық» $NO_x$ –ы азаюту үшін тазартудың арнайы тәсілдерін қолдану керек, себебі тәртіптік-технологиялық шаралар олардық үлесін азайтпайды.

$NO_x$ –ті селективті каталиттік қалпына келтіру әдісі қоқыс жағуқұралдарында тәжірибеде қолданылмайды.

Губкин атындағы Ресей мемлекеттік мұнай және газ университетінің зерттеулері NO селективті каталитикалық емес тотықсыздану процестерін қолданғанда NO құрамын 70-90%-ға дейін төмендетуге болатынын анықтады. Процесс 900-1000 $^0$С ыстықтықта жүреді, катализаторлардың қатысынсыз, күкірт оксидтерінің үлесіне және газдың тозаңдылығына қатысты емес, қалпына келтіргіш ретінде карбамид қолданылады. NO каталиттік емес қалпына келтіру процесінің тиімді жүруі үшін міндетті түрде қалпына келтіргіш тазаланатын газдар ағынымен тез әрі толық араласуы керек. Сондықтан қалпына келтіргіш қоспа қызбайтын саптамалар арқылы түтін газдар ағынына аумалық жылдамдықта енгізіледі, бұл өз кезегінде олардың қарқынды араласуын қамтамасыз етеді. Түтін газдарындағы азот оксидтерінің үлесі, мг/м$^3$: NO – 120-220; $NO_2$ – 1-2 және сондықтан да газдарды тазарту жүйесін таңдағанда $NO_2$ –ні ескермеуге болады.

Түтіндік газдардағы NO құрамын бақылау үшін SICK (Германия) фирмасының GM 31 автоматты газ анализаторлары пайдаланылады, бұл компоненттің құрамын нақты уақыт шкаласында тікелей газ ағынында анықтауға мүмкіндік береді.

Берілген түтін газдарын тазарту жүйесі түтін газдарындағы NO үлесін 30-70 мг/м$^3$ аралығында болуын қамтамасыз етеді, бұл санитарлы нормаларға сәйкес келеді.

*ЖЭС-тағы зиянды заттардың шығарылындарының өнтірістік мониторингі.*

ЖЭС-тағы шығарындылардың өндірістік мониторингі – бұл үздіксіз бақылау:

а) ЖЭС-тің мұржасындағы зиянды заттардың массалы шығарындыларын;

б) қазандардың газжолындағы зиянды заттардың концентрацияларын.

Бұл қоршаған орта табиғатты қорғау шаралары келесі мақсаттарға жүргізіледі:

1) ЖЭС-тің атмосфераға шығаратын зиянды шығарындыларын бақылау;

2) экологиялық қауіпсіздік пен жоғары тиімділікті қамтамасыз ету үшін отынды жағудың жұмыстық режимдерін бақылау және жөнге салу.

Жұмыста [14] белгіленді:

- зерттелетін қазандықтардың режим бөліміндегі азот оксидінің, бензо(а)пиреннің, оттегінің шоғырлану өрістері жоғары біркелкілікке ие (концентрациялық өрістердің біркелкі еместік коэффициенті ені мен тереңдігі бойынша сәйкесінше 5 және 10% құрады). түтін құбыры). Бұл ретте CO үшін концентрация өрістерінің біркелкі еместік коэффициенті 30%-дан

асты. Бұл СО түзілу және тотығу процестерінің температураның шамалы өзгеруіне де жоғары сезімталдығына байланысты;

- газ жолын орналастыру, оттық қондырғыларды орналастыру, қазанның жүктемесі – концентрациялық өрістердің ретсіздігіне әсер етпейді;

- өлшеуді бір нүктелі зондпен газ құбырының бүйірлері бойымен жүргізу керек және зондтың жұмыс ұзындығы бойынша орташа концентрацияларды алуға мүмкіндік беретін көп нүктелі сынама алу зондтарын қолданған жөн;

Аз шығынды технологиялық шараларды қолданыстағы қазандықтармен құрамдастырып атмосферадағы зарарлы шығарындыларды азайту.

Органикалық отынды жағатын жылу электр стансалары өзінің зиянды жану өнімдерімен атмосферадағы ауа бассейнін ластаушылардың негізгі көзі болып табылады. Орнатылған құралдардың басым бөлігі 1985 ж дейін қолданысқа енгізілген және осының салдарынан қазіргі заманғы ГОСТ Р 50831-95 экологиялық қауіпсіздік және отынды тиімді жағу шарттарымен сәйкес келмейді. Мұнда ГОСТ-тың жаңа енгізілген қазандар үшін арналғанын, ал қолданыстағы қазандардың зиянды шығарындылары белгіленген шекті рауалы мөлшерінен аспауы керектігін ұмытпау керек. Әйтседе нәтижесі жеке сипат алады, сондықтан қолданыстағы қазандарға қоршаған ортаны қорғау шараларын енгізгенде белгіленген шарттар орындауға тырысу керек.

Ресейдегі электр энергиясы мен жылуды өндіруде басты рөл алатын газ-мазут қазандары үшін жану өнімдерінің ең зиянды құрамдасы NOx азот оксидтері болып табылады.

Қазіргі кезде NOx шығарындыларын азайту үшін әр түрлі технологияларды енгізуде жинақталған тәжірибе мол. Ол үшін қолданыстағы ЖЭС-терде көбінесе технологиялық (немесе ошақішілік) деп аталатын шаралар қолданылады, бұлар NOx шығарындыларын азайтуда тиімділігімен ғана емес, сондай-ақ оларды іске асыруда материалдық және уақыттық шығындарымен ерекшеленеді [12]. Технологиялық шаралар отынды жағу тәртібін өзгерту нәтижесінде NOx –тің пайда болуының төмендеуін қамтамасыз етеді. Қазан ошағындағы азот оксидінің пайда болуының қарқындылығы белсенді жану аймағының сипаттамаларымен анықталады – ауа щығынымен, ыстықтықтың көрсеткіштерімен және жану өнімдерінің жоғары ыстықтық аймақтарында болу уақытымен [13]. Көп қазандар үшін (суқыздырғыш қазандар мен бу өндірулігі 670 т/сағ-қа дейінгі қазандар) азот оксидтерінің шығарындыларының мәні рауалы мәнінен 1,5-2,0 есе асып кететінін айта кету керек. Реконструкция жүгізуге негізделген технологиялық шаралар тәжірибеде әрқашан экономикалық тиімсіз болады.

## 2 Жылутәсілдік есептік бөлім

Көмір отынының ауқымды мөлшерін тұтыну салдарынан отынды жағатын объектілер жыл сайын атмосфераға әр түрлі ластаушы заттарды шығарады, олар адам денсаулығын нашарлатады – бұл күкірт және азот оксидтері, қатты бөлшектер, микроэлеметтер (оның ішінде мышьяк, қорғасын, сынап, фтор, селен және радионуклидтер) және органикалық қосылыстар.

Дипломдық жұмыстың берілген бөлімінде энергетикалық объектілермен атмосфераға шығарылатын негізгі ластаушы заттар көрсетілген, олардың қалыптасу жолдары, сондай-ақ оларды азайту әдістері сипатталған.

### 2.1 Ластаушы заттардың шығарындыларын азайту жолдарын қарастыру

Пайдаланылған газдардан зиянды заттарды сүзудің заманауи өнеркәсіптік әдістері екі санатқа бөлінеді:

- химиялық тазалау;
- дымқыл тазалау.

Қатты қосындыларды құрғақ тазалау сүзгі қондырғыларының көмегімен жүзеге асырылады:

- циклондар;
- тұндыру камералары;
- Қап сүзгілері;
- электрофильтрлер.

Циклондардың жұмыс істеу принципі орталықтан тепкіш және инерциялық күштерді қолдануға негізделген. Циклонның корпусына түскен шаңды ауа тік осьтің айналасында айналады, ал қатты қосындылар корпустың қабырғаларына лақтырылып, төменгі бөлігінде орналасады. Конустық секторда ағынның жылдамдығы артады, ластану инерция бойынша сақтау бункеріне қарай жылжи береді, ал таза ауа өз бағытын керісінше өзгертеді және шығыс құбырдың тік құбыры арқылы сыртқа шығады. Циклондарды бірінші немесе негізгі тазарту сатысы ретінде пайдалануға болады.

Тұндырғыш камералардың конструкциясы болат корпус болып табылады. бөлімдер орналасқан. Камераның ішінен өтіп бара жатқан ластанған ағын кедергіге тап болып, жылдамдығын жоғалтады. Қатты қоспалар осы уақытта камераның төменгі бөлігінде орналасады және жою үшін жойылады.

Қап сүзгілерінің тазарту дәрежесі жоғары (99,99%-ға дейін), ал олардың жұмыс істеу принципі сүзгі материалы арқылы өткенде қатты бөлшектердің сақталуына негізделген. Тиімділікті сақтау және гидравликалық кедергіні азайту үшін шлангтарды сығылған ауа импульсі немесе механикалық қондырғы арқылы жүйелі түрде шайқайды.

Газ-ауа қоспаларын тазалауға арналған электр сүзгілерінде әртүрлі зарядтары бар бөлшектердің бір-біріне тартылу мүмкіндігі сәтті қолданылады. Ауа ағынымен бірге түскен ластану иондалады және белгілі бір заряд алады. Басқа таңбамен зарядталған құбырлы немесе пластиналы электродтардан өткенде, бөлшектер оларға жабысады. Тиімділікті қалпына келтіру үшін электродтарды жүйелі түрде шайқаңыз.

## 2.2 Кәсіпорындардың шығарындыларын азайтудың ылғалды жолы

Ылғалды әдіспен атмосфераға зиянды шығарындыларды азайту әртүрлі технологияларды қолдану арқылы жүзеге асырылуы мүмкін:

- сіңіру;
- адсорбция;
- конденсация; жану.

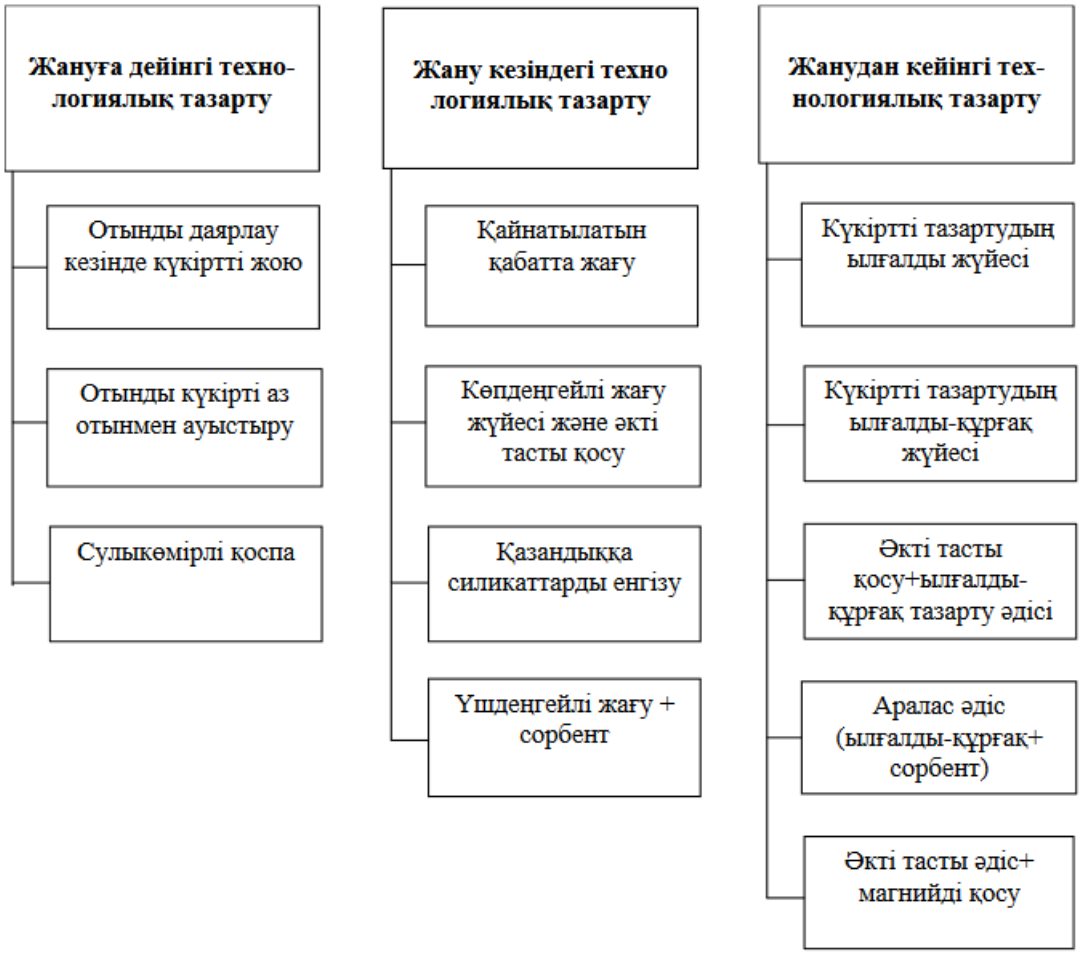
Абсорбция бетінде сұйықтық беретін қондырғыларда немесе ішкі бөлікке саптамалармен бүркуде қолданылады. Зиянды заттар дымқыл бетке жабысып, кейіннен сақтау ыдысына жуылады. Сұйықтықтың ең кішкентай тамшылары олардың массасы мен көлемінің ұлғаюымен қосындыларды орап, олардың бір-біріне жабысып (коагуляция) және дренажға шөгуін тудырады. Химиялық ерітіндіні сұйықтық ретінде таңдау зиянды химиялық қосылыстарды бейтараптандыруға мүмкіндік береді. Көбінесе адсорбенттер зиянды заттарды бейтараптандыру үшін қолданылады, олар диффузиялық процесс арқылы зиянды затты газ-қатты фаза шекарасында байланыстырады. Өнеркәсіп саласында сорбент ретінде белсендірілген көмір, силикагель, цеолиттер және т.б. көп қолданылады. Көптеген зиянды газдар шығарынды каналдарында жану арқылы тотығады. Мысал ретінде $CO_2$ және $H_2O$ түзу үшін конвертер өндірісінде CO-ның кейінгі жағылуын келтіруге болады.

Технологиялық және қосалқы операциялар кезінде пайда болатын газдарды тазарту үшін келесі құрылғылар түрлері қолданылады:

- қуыс;
- оралған;
- көпіршікті (көбік);
- орталықтан тепкіш;
- Вентури құбыры.

Күкірт қосылыстарының қоршаған ортаға теріс әсеріне – энергетикада қолданылатын материалдардың зақымданулары, өсімдіктердің зақымданулары, және қышқыл жаңбырлар түріндегі шөгінділері жатады. Қышқылды тұнбалар немесе қышқылды жаңбырлар атмосфераға күкірт диоксиді мен азот оксидтерінің шығарындылары сумен, оттегімен және қышқылдандыратын затпен қышқыл қосылыстарын түзе отырып, реакцияға түсуі кезінде пайда болатын зиянды жаңбырды айтады. Бұл қосылыстар жерге кез-келген құрғақ түрде (яғни, газ және бөлшектер түрінде) немесе ылғалды түрде (яғни, жаңбыр, қар және тұман) түседі.

Көмір жағатын жылу электр станцияларынан күкірттің қос тотығының шығарындыларын бақылау әдісіне күкірттің неғұрлым төмен құрамымен отынға ауысуы, құрамында күкірт бар компоненттерді жою үшін көмірді тазарту немесе түтінді күкірттен айыру жүйесін орнату кіреді. 6-суретте жағар алдында, жағу кезінде және жаққаннан кейін күкірт тотықтарының шығарындыларының алдын алу технологиялары көрсетілген [19].




**2.1 - сурет –Күкірт тотықтарын азайтудың технологиялық әдістері**

Қазандықтың жану камерасында күкірт оксидтерінің түзілуін зерттеу олардың қоршаған ортаға эмиссияларын азайтудың тиімді тәсілдерін іздеу

жәнеендіру үшін аса өзекті болып табылады. Күкірт оксидтерінің түзілу механизмі отынның барлық күкіртінің күкірт диоксидіне дейін тотығу процестеріне әкеледі, бірақ пайдалану тәжірибесінен белгілі болып отырғандай, күкіртті ангидрид $SO_3$ жану өнімдерінің коррозиялық агрессивтілігінің негізгі факторы болып табылады, оларды елемеуге болмайды.

## 2.3 БКЗ-75-39Ф маркалы қазан құрамының қысқаша сипаттамасы

*2.3.1 БКЗ-75-39Ф қазынының параметрлері*

Текелі 2 ЖЭО-де Барнаул қазан зауытының БКЗ-75-39Ф маркасының қазаны орнатылған [2].

БКЗ-75-39Ф маркалы қазандар тас көмір, қоңыр көмір және фрезерлі шымтезек отындармен жұмыс істеуге арналған.

Қазандар табиғи айналымды тік-су құбырлы, бір дағырады, ірі кесекті құрылысы П–тәрізді құрастырылымымен орындалған.

Диірмен қондырғысының түрі - аралық бункері бар, шарлы-дағыралы диермендер.

Қазан жұмысқа келесі параметрлерде есептелінген:

| | |
|---|---|
| Бу өнімділігі | - 75 т/сағ; |
| Жылу өнімділігі | - 51 Гкал/сағ; |
| Бу бөгегіштен кейінгі қыздырылған бу қысымы | - 39 МПа; |
| Қыздырылған бу температурасы | - 440$^{o}$С±2 $^{o}$С; |
| Қоректік судың температурасы | - 145 $^{o}$С; |
| Қазан дағырасындағы қысым | - 44 МПа; |
| Қазанның сулық көлемі | - 29,8 м$^3$; |
| Қазанның булық көлемі | - 13,65 м$^3$. |

Оттық бірінші кірісті газ жүрісінде орнатылған, ал екінші кірісті газ жүрісінде су үнемдегіш және ауа қыздырғыш орналастырылған.

**2.2 – сурет - Текелі ЖЭО-да көлік цехының отын жабдықтарының жұмыс схема және отынның берілуі**

*2.3.2 Ошақ (жану камерасы)*

Оттық бөлік ø 60* 5,5 ст. 20 құбырлы , әр қадамы 64 мм болатын қалқандардан құрастырылған. Оттық камераның қалқандары өзіндік айналымды 14 контурға бөлінген. Төменгі бөліктегі артқы және фронттық қалқандар суық құйындарды түзеді. Оттықтың жоғарғы бөлігіндегі артқы қалқандар, (аэродинамикалық өткел) оттыққа кірісті түзеді, оттықтың жоғарғы жағын түтін газдармен толтыру және бу қыздырғыш қалқалардың жартылай көлеңкелеуге арналған қызметін атқарады.

Артқы қалқандардың құбырлары "өткелді" қалқандай отырып, 20,8м биіктікте коллекторға жинақталады, сол жерден Ø 133*10 мм болатын он алты құбырлармен бу мен су қоспасы қазанның дағырасына барады.

Әрбір контурдың экрандық құбырлары Ǿ 273*35 мм коллекторларына кіреді. Су мен бу камералары Ǿ 133*10 мм құбырлар арқыры қазан дағырасымен қосылады. Оттық камерасының көлемі 1510 м3 құрайды.

Ошақ камерасының фронттық қабырғасында 9,8 м және 12,3 м биіктіте ГТ типті 8 турбуленттік оттықтардың екі ярусты 4 оттық қатарлап орнатылған. Шеткі оттықтар 6° бұрышымен ошақтың орталық өсіне бұратыла орналасқан, тозаң бойынша оттықтың өнімділігі 6 т/сағ құрайды. Әрбір оттыққа УЛПП-1 типті екі-екіден өнімділігі 1,3-5,0 т/сағ тозаң қоректендіргіші орнатылған. Оттықтарда ОН - 563-07 типті ұзындығы 2500 мм, өнімділігімен 820 кг/сағ болатын, булы тозаңдатқыш мазут бүркігіштері (форсункалары) орнатылған,

Тіктөртбұрышты қимадағы оттық камерасы жоспарға қарай құбырлардың өстері бойынша 12096*6656 мм өлшемге ие.

Газдардың оттықтан шығуындағы есептік температурасы 1170 $^0$С құрайды. Оттық камераның айналма пішіні - құбырлы. Түсіруші құбырлар 133*10 айналма пішіні ішіндегі маңызды бөлігінде орнатылған.

## 2.4 БКЗ-75-39Ф қазанынан тасталынатын ластаушы заттардың атмосфераға шығарылуын есептеу

*2.4.1 ЖЭС-тің қазандық қондырғыларынан шығарылатын қатты бөлшектердің мөлшерін есептеу*

Қазандардың түтін газдарымен ауа атмосферасына шығатын қатты бөлшектердің сомарлы мөлшері (ұшпа күл мен жанбай қалған отын) $М_{тв}$ келесі екі формуламен анықталады:

$$M_{тв} = B\frac{A^r}{100-Г_{ун}}a_{ун}(1-\eta_3) = 7.8\frac{9.6}{100-14.7}0{,}95(1-0{,}985) = 0{,}0125 т/сағ,$$

$$M_{тв} = 0.01B\left(a_{ун}A^r + q_4\frac{Q_i^r}{32.68}\right)(1-\eta_3),$$

мұндағы В – табиғи отын шығысы, г/с (т);

$A^r$ – отынның жұмыстық массадағы күлділігі, %;

$a_{ун}$ – қазанның шығар газдарымен әкетілетін күл үлесі; $\eta_3$ - күл ұстағыштарда ұсталатын күл үлесі;

$Г_{ун}$ – әкетіндінің құрамындағы жанғыш заттар мөлшері, %;

$q_4$ – әкетіндідегі механикалық кемжанудан болған жылу шығыны, %;

$Q_i^r$ - отынның төменгі жану жылуы, МДж/кг;

32,68 – көміртегінің жану жылуы, МДж/кг.

Атмосфераға шығарылатын қатты бөлшектердің сомарлы үлесіне кіретін, ұшпа күлдің мөлшері ($М_з$), келесі формуламен есептеледі г/с (т)

$M_3 = 0.01Ba_{ун}R^r(1-\eta_3) = 0.01 * 7.8 * 0.95 * 0.096 * (1-0.985) =$
$0{,}0001т/сағ$

Қатты отынды жаққанда атмосфераға кокс қалдықтары түрінде шығарылатын, ошақта отынның механикалық кемжануынан пайда болатын, қатты заттар мөлшері ($М_к$), г/с (т)

$М_к = М_{тв} - М_з = 0{,}0125-0{,}0001=0.0124т/сағ.$

*2.4.2 ЖЭС-тің қазандық қондырғысынан атмосфераға шығатын $NO_x$ азот оксидінің мөлшерін есептеу*

Қазіргі уақытта жағу жүйелерінде отын түрінде, көмір, табиғи газ, мұнай, сондай-ақ биоотын және коммуналдық қалдықтар секілді табиғи отындар қолданылады. Бұл ретте жағу жүйелері арқылы бөлінетін NOx шығарындылары кең тараған зиянды түрлерінің бірі болып табылады. Азот оксидтерінің (NO, $NO_2$, және $N_2O$ және т.б. $NO_x$) эмиссиясы қоршаған ортаға тигізетін күрделі әсерін назарға ала отырып, дені сау социумды қамтамасыз етуге байланысты зерттеушілердің тарапынан ерекше назар аударуға әкеледі. Алайда $NO_x$ шығарындыларының маңызды табиғи көздері де бар, олардың біршама үлесі адам қызметінің әсерінен туындайды, әсіресе қазылып алынатын отынды жағу кезінде байқалады. Отындардың, негізінен отынның қатты түрлерінің, құрамында азоттың елеулі мөлшері болады және жану процесінде $NO_x$ эмиссиясына әкеледі (8-кесте). NOx термині 2.1-кестеде көрсетілгендей жеті негізгі азоттың қосылыстарының [14] жиынтығына қатысты ажыратылады.

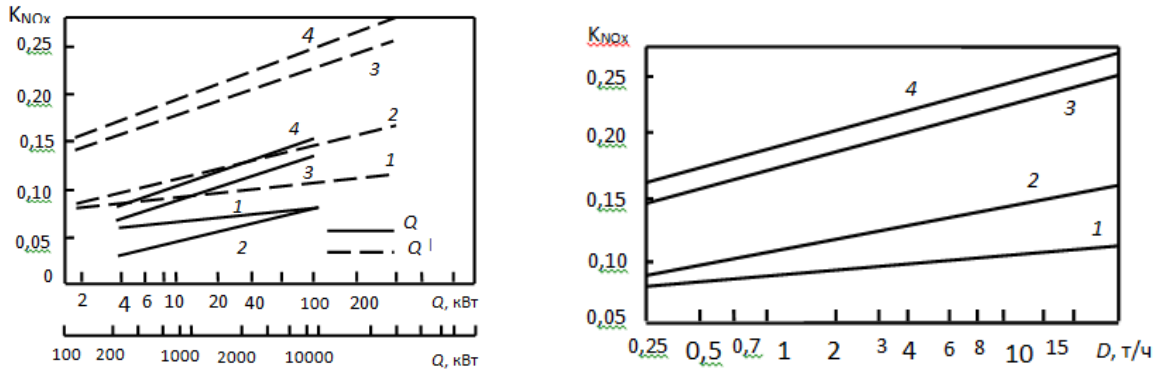
**2.1 – кесте - Түрлі отын құрамындағы азоттың пайыздық құрамы**

| Отын | Азот N, % |
|---|---|
| Табиғи газ | Молекулалық $N_2$ 1-5 % |
| Шикі мұнай | 0,1– 0,8 |
| Мазут | 0,1– 0,5 |
| Жеңіл мұнайлық отын | 0,003 – 0,01 |
| Көмір | 0,5 – 2,0 |
| Биомасса | 0,2 – 2,1 |

Азоттың шала тотығы ($N_2O$) қазандықтын шығу кезінде түтіндерде елеусіз мөлшерде ғана болады. Ол реакцияның бастапқы аймағында ғана көмірдің жануы кезінде ауадағы азоттың құрамынан пайда болады. Бұл салада $N_2O$ аралық реакция ретінде реакция аймағының соңында NO, $N_2$ және $O_2$ дейін толық айналу кезінде жүзеге асады. Жанудың соңында $N_2O$ іздері ауыр болып табылмайды, себебі шындығында бар компоненттердің өлшенетін мөлшерлеріөлшеу құрылғыларының өлшеу аумағына қарағанда

аз. Сол себепті $N_2O$ шығарындылары әдетте $NO_x$ шығарындыларын есепке алу кезінде назарға алынбайды.

$N_2$ –ге есептегенде қатты отын жанғанда түтін газдарымен атмосфераға шығатын $NO_x$ азот оксидінің мөлшері , г/с (т/сағ):




а) б)

*1* – табиғи газ; мазут; *2* – антрацит; *3* – қоңыр көмір; *4* – тас көмір

**2.3 – сурет - Қазанның $K_{NO_2}$-ің жылулық қуатқа (*а*) және буөнімділігіне тәуелділігі (*б*):**

$$M_{NO_x} = BK_{NO_2}\left(1 - \frac{q_4}{100}\right)\beta_1(1 - \varepsilon_1 r)\beta_2\beta_3\varepsilon_2\left(1 - \eta_{аз}\frac{n_0}{n_k}\right)K_n ,$$

мұндағы В – отын шығысы т.ш.о/сағ;

$K_{NO_2}$ – азот оксидінің шығысын сипаттайтын еселеуіш, келесідей есептеледі:

$$K_{NO_2} = 7.5\frac{D_ф}{50 - D_н} = 7.5 * \frac{68}{50+75} = 4.08 ;$$

$D_н$ және $D_ф$ – қазанның номиналды және нақты буөнімділігі, т/сағ;

$q_4$ – отынның механикалық кемжануынан пайда болатын жылылық, %;

$\beta_1$ – жанатын отын сапасының азот оксидінің шығарындысына әсерін еске-ретін еселеуіш, келесідей анықталады:

$$\beta_1 = 0{,}178 + 0{,}47N^r = 0.178 + 0.47 * 1.46 = 0.8642 ,$$

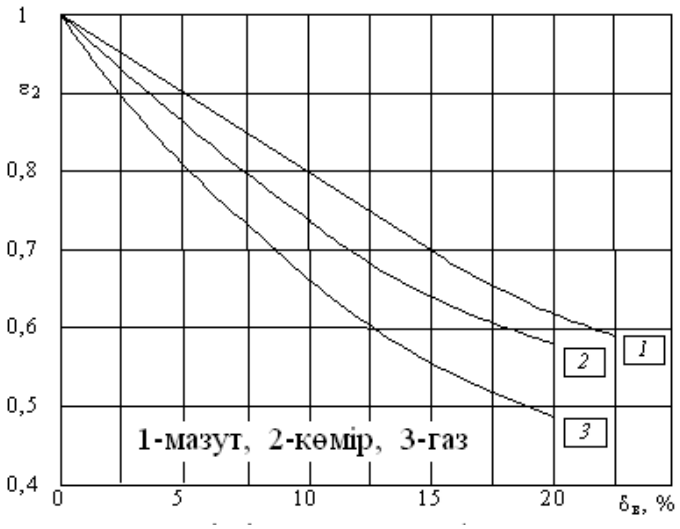
$\varepsilon_1$ - ошаққа берілу шартына байланысты рециркуляциялаушылардың азот оксидінің шығарындысына әсерін ескеретін еселеуіш;

r – түтін газдарының рециркуляция деңгейі, %;

$\beta_2$ – оттықтардың конструкциясын ескеретін еселеуіш: құйынды оттық-тарға 1,0; тура ағынды оттықтарға 0,85;

$\beta_3$ – қождан тазалау түрін ескеретін еселеуіш: қатты 1,0 және сұйық 1,6 қождардан тазартуға;

$\varepsilon_2$ - екі сатылы жағу кезінде азот оксидінің шығарындысының азаюын көрсететін еселеуіш (2.4 - сурет).




**2.4 - сурет –Негізгі оттықтардан басқаларына берілетін $\varepsilon_2$ коэффициентінің ауа үлесіне тәуелділігі**

$\eta_{аз}$ - азоттазалағыш-та ұсталатын азот оксидінің үлесі, %;

$n_0, n_к$ - тазалағыш пен қазандық қондырғы жұмысының ұзақтығы, сағ/жыл;

$К_п$ – қайта есептеу еселеуіші, жалпы шығарындыларды грамм секунд-пен есептегенде 0,278; тоннамен есептегенде $10^{-3}$.

$$M_{NO_x} = 7.8 * 4.08 * \left(1 - \frac{3.2}{100}\right) * 0.8642 * (1 - 0) * 1 * 1 * 0.6 * (1 -$$

*2.4.3 ЖЭС-тің қазандық қондырғысынан атмосфераға шығатын күкірт $SO_2$ оксидінің мөлшерін есептеу*

Түтін газдарымен атмосфераға тасталатын күкірт оксидінің сомарлы мөлшері $M_{SO2}$ (г/с, т), келесі формуламен анықталады:

$$M_{SO_2} = 0.02BS^r\left(1 - \eta'_{SO_2}\right)\left(1 - \eta''_{SO_2}\right)\left(1 - \eta^C_{SO_2}\frac{n_o}{n_k}\right),$$

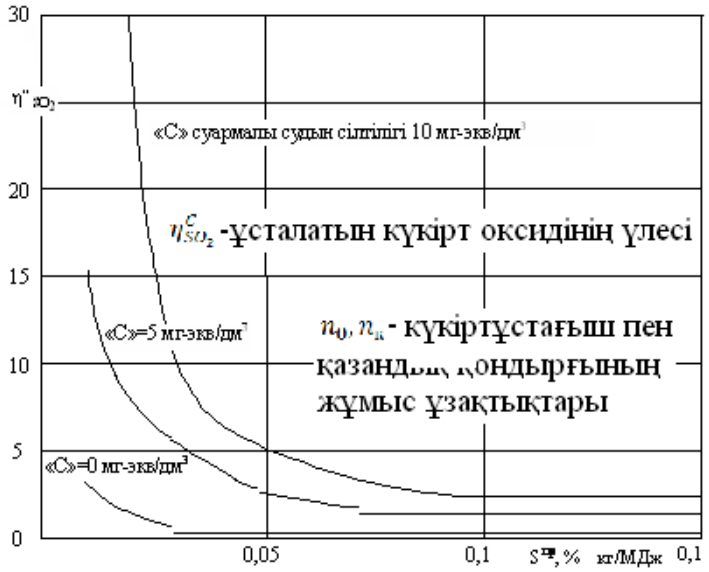
мұндағы В – қарастырылған уақыт мезетіндегі табиғи отын шығысы, (г/с, т/сағ);

$S^r$ - отынның жұмыстық массасындағы күкірт үлесі, %;

$\eta'_{SO_2}$ - қазандағы ұшпа күлмен байланыс-ты күкірт оксидінің үле-сі, Шұбаркөл көмірі үшін 0,1;

$\eta''_{SO_2}$ - жолай қатты бөлшектерді ұстайтын ылғалды күл ұстағыш-тарда ұсталатын күкірт оксидтерінің үлесі, ылғал күл ұстағыштар үшін 2.5 - сурет бойынша анықталады;

$$S^{пр} = \frac{S^r}{Q_i^r}.$$




**2.5 - сурет – Күкірт оксидтерінің үлесі, ылғал күл ұстағыштар отын $S^{пр}$ күкірттілігіне келтірілген тәуелділігі**

**2**.*4.4 ЖЭС-нтің қазандық қондырғысынан атмосфераға шығатын СО көміртегі оксидінің мөлшерін есептеу*

Әр қазан үшін қатты отынды жаққанда түтін газдарымен атмосфераға шығарылатын көміртегі оксидінің мөлшері $M_{CO}$ , т/жыл немесе г/с, келесі формуламен анықталады:

$$M_{CO} = 0,001 C_{CO}\left(1 - \frac{q_4}{100}\right)B,$$

мұндағы $C_{CO}$ – қатты отынды, газды немесе сұйық отынды жаққанда пайда болатын көміртегі оксидінің шығарындысы, кт/т, кг/мың. м$^3$/кг;

$B$ –қарастырылған уақыттағы отын шығысы, т/жыл; мың. м$^3$/жыл; г/с; м$^3$/с;

$q_4$ –оттынның механикалық кемжануынан болған жылу шығыны, %

$$C_{CO} = 0,01 q_3 \frac{RQ_i^r \gamma_{CO}}{Q_{CO} \cdot 10^{-3}} = \frac{q_3 \cdot RQ_i^r}{1013},$$

мұндағы $q_3$ – отынның химиялық кемжануынан пайда болатын жылу шығыны;

$R$ –түтін газдарының толық жанбаған бөлігіндегі көміртегі оксидіне негізделген, химиялық кемжанумен кететін жылулық шығынды ескеретін еселеуіш: қатты отын үшін $R$ = 1,0, газ үшін $R$ = 0,5, мазут үшін $R$ = 0,65;

$Q_i^r$ – табиғи отынның төменгі жану жылуы, КДж/кг (КДж/м$^3$);

$\gamma_{CO}$ – көміртегі оксидінің меншікті үлесі, қалыпты жағдайда 1,25-ке тең;
$Q_{CO}$ – көміртегі оксидінің жану жылуы, 126,5 КДж/м$^3$.

## 2.5 Тектеспеулік және екі сатылы жағу шараларын бірлестіру

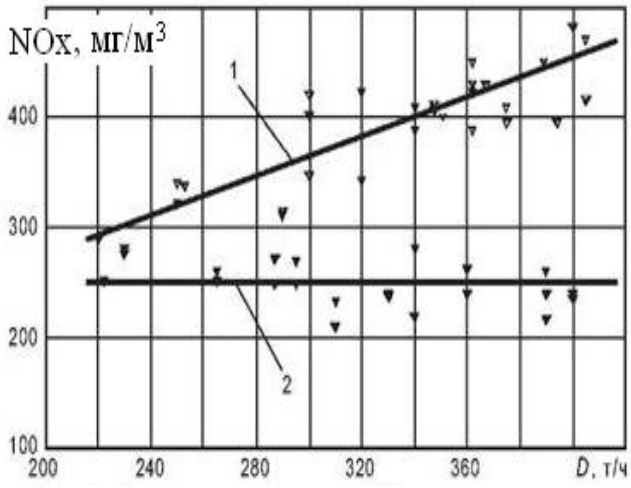
Жоғарыда қарастырылған әдістердің негізгі кемшіліктерін жою үшін олардың бірлескен түрін қарастыруға болады. Бұл жағдайда

БАҚ ЧМЗ ЖЭС-дегі БКЗ-75-3,9ГМ қазаны алты екі қабатты құйынды оттықтармен жабдықталған.

Сынақ табиғи газ бен мазутты жағу арқылы жүргізілген. Нәтижелері, азот оксидін бәсеңдетуде ең тиімдісі табиғи газды жағудың екісатылы және стехиометриялық емес тәртіптерін құрамдастыру - отын бойынша (ауа берудің мөлшерінің сақталуымен) екінші қабаттағы ортаңғы оттықты өшіру және төменгі қабаттағы оттықтардың ауа шығынын азайту болып табылады. $NO_x$ шығарындыларын тағы да азайтуға құрамдастырылған тәртіпте отынның химиялық кемжануын азайтудың қосымша шараларын енгізу мүмкіндік береді. Табиғи газ отын жанғанда жүктеменің D = 45...75 т/сағ диапазонында азот оксидінің шығарындылары 370...410 -нан 50...120 мг/м$^3$-ке дейін азаяды. Бұдан да төменгі жүктемелерде берілген сұлба ошақтағы ауа шығыны коэффициентінің артуы салдарынан $NO_x$ -тің нормалық мәніне жете алмайды.

Сондықтан D = 35...45 т/ч болғанда отын бойынша №5 оттық ауа берілуі сақталған күйде өшіріледі. Осы сұлба бойынша жүктеменің 35 т/сағ минималды мәнінде жүргізілген шаралардың нәтижесінде азот оксидінің шығарындыларыныг мәні нормалық мәнінен төмен болды және 140...150 мг/м$^3$-ті құрады, бұл қыздыру ыстықтығын ұстап тұруға қажетті ауа шығыныны еселеуішінің жоғары болуымен түсіндіріледі. D=35 т/сағ болғанда буқыздырғышынан кейінгі түтін газдарының құрамындағы $O_2$ мөлшері 6,5...6,8 % -ды құрады. Айта кететін жағдай, берілген қазандар 35...45 т/сағ жүктеме бойынша тек ұске қосу немес тоқтау жағдайында ғана пайдаланылады.

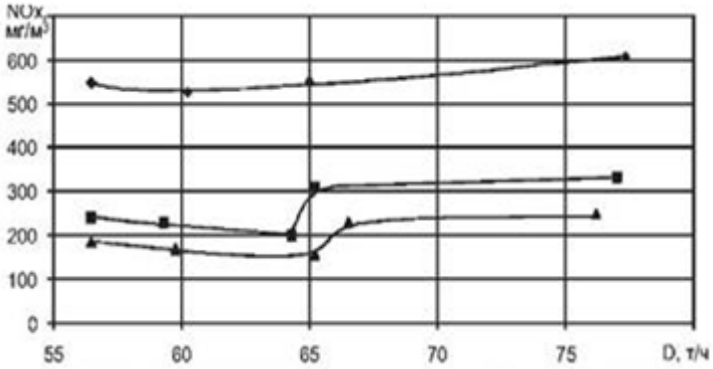
D = 82,5 т/сағ максималды жүктемеде шығарындылар 140...160 мг/м$^3$-ті құрады. Химиялық кемжануды қадағалайтын жанудың біріктірілген шараларын ұйымдастыру оларды 120 мг/м$^3$-қа дейін төмендетуге мүмкіндік берді. Бұл жағдайда түтін-сорғыдан кейінгі CO шоғыр-лығы да 100 мг/м$^3$-тан аспа-ды (2.6 - сурет).




**2.6 - сурет –Мазуттың ТГМ-84Б қазанында 1- дәстүрлі және 2-тектесусіз жанудағы $NO_x$ шығысының жүктемеден тәуелділігі**

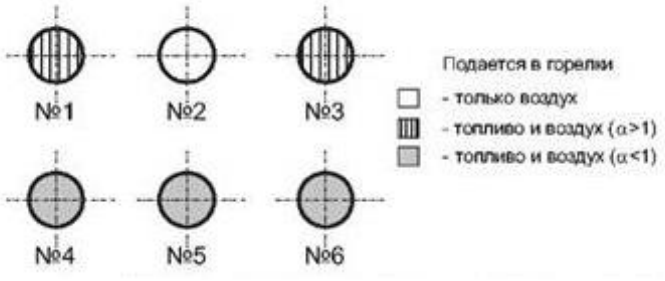
Табиғи газды қиысты-рып жағу ТПЕ-430 қазанын-да іске асырылды, ол 8 тура ағынды 8 оттықпен, бір қа-батқа қарсы құрастырылған. Қазанның 350+500 т/сағ ара-лықтарындағы жүктемесінде ошақта отын камераларының біртіндеп жабылуынан реттелген стехиометриялық емес жану жүзеге асырылады, жұмыста 8 оттық құралдар қолданылады. Төмендетілген 300+350 т/сағ жүктемелерде қазан фронты бойынша орналасқан екі шеткі оттықтар өшірілді. Осылайша ошақ камерасындағы жану процесі 3 аймаққа бөлінді: ошақтың центрінде стехиметриялық емес жану аймағы, шеткі бөліктерінде екі сатылы жану аймағы.

300 т/сағаттан аз жүктемелер кещінде фронт бойынша 4 оттық өшіріліп, артқы қабатта орнатылған оттықтар алдындағы отын клапандары толық ащылды, және ошақтың барлық аймағында екісатылы жағу процесі орын алды. Барлық жүктемелерде ауа 8 оттық арқылы бірдей көлемде беріліп отырды. 2.7 - суреттегідей бұндай шара кезінде азот оксидтерінің бәсеңдеуі қарқынды жүргізілген.




**2.7 -сурет –Мазуттың 1- дәстүрлі және 2-қиыстырулы және 3- аз зиянды жанудағы $NO_x$ -нің жүктемеден тәуелділігі**

Келесі мысал мазутты БКЗ-75-39ГМ қазанында жағу кезінде қиылыс-тыру әдісін енгізу, 6 оттықпен жабдықталған, екі қабатқа құрастырылған. 70-75 т/сағ жүктемелерде оттықтардың жоғарғы қабатына ауа беру арқылы стехиометриялық емес жағу схемасы қолданылды. Бұл жағдайда азот оксидінің азаюы 43-45 %-ды құрады (2.8 сурет).




**2.8 - сурет – БКЗ-75-39ГМ қазанында қиыстырулы жану сұлбасы**

Бұл жүктемелерде азот оксидінің нормативті мәндеріне жету үшін кемжануды бақылай-тын стехиметриялық емес жағуды қиылыстырып іске асыруға болады. Бұл жағ-дайда шығарынды мәні 240-250 мг/м$^3$–ті құрайды.

Осылайша азот оксиді-нің эмиссиясын томендету тенденциясы оттық-тың жоғары қабатында стехиомет-риялық емес жағумен ал төменгі қабаттар-ында екісатылы жағумен қиылыс-тыру нәтижесінде артып отыр.

## 3 Азот оксидтерінің түзілуін сандық модельдеу

Жұмыста MathCAD, SolidWorks, Aspen Plus программаларынан бөлек ANSYS Fluent программалар пакеті қолданылған. Берілген жұмыста сандық және сапалық берілгендердің негізгі көзі ретінде математикалық моделдеу әдістері арқылы алынған шамалар жатады.

Жоғарыда аталған бағдарлама өнімдерін қолдану арқылы сандық зерттеу жүргізу үшін, алдымен бастапқы берілетін шамаларды анықтау керек:

- зерттелетін объектінің геометриялық мәліметтерін алу (бұл жағдайда зерттелетін объектінің моделі);
- ортаның есептік облысқа кірердегі режимдік параметрлері (қысым, температура, концентрация, артық ауа, дисперстік және химиялық құрамы т.б.);
- оттық және ошақ қондырғылары жұмысының сипаттамалары бойынша тәжірибелік мәліметтер.

Алынған мәліметтерді талдау оларды осыған дейін жасалып алынған эксперименттік берілгендермен, сонымен қатар басқа да авторлардың белгілі эксперименттік нәтижелерімен салыстыру арқылы бекітіледі. Алдымен көмір бөлшектерінен отындық азоттың шығуын айқындау керек.

Бағдарлама бойынша есептеуді орындау реті келесідей:

1) бастапқы шамалары мен шарттары беріледі (жұмыс режимі параметрлері, термодинамикалық параметрлері мен молекулярлы тұрақтылары, дифференциалды теңдеулер үшін бастапқы және шекаралық шарттары);

2) осыдан кейін орындалатын есептеулер үшін модель таңдалады;

3) бастапқы қоспаның жану процесінің теңдеулер жүйесі келесі шарттарға сәйкес интегралдалады, жағуға дейін әрбір адымдағы теңдеулер жүйесіне кіретін айнымалы параметрлер, яғни балғын қоспа мен өнімдердің көлемі, қысымы, температурасы және т.б. шамалары анықталады;

4) содан кейін берілген параметрлерге сәйкесті дифференциалдық теңдеулер жүйесі шешіледі және жүйенің ағымдағы термодинамикалық параметрлері анықталады да алынған нәтижелер сызықтық тәуелділіктер түрінде келтіріледі.

Бағдарлама бойынша есепті орындау тәртібі мынадай:

1) бастапқы деректер мен бастапқы шарттар (жұмыс режимінің параметрлері, термодинамикалық параметрлер және молекулалық константалар, дифференциалдық теңдеулер үшін бастапқы және шекаралық шарттар) беріледі;

2) модель таңдалады, оған сәйкес одан әрі есептеулер жүзеге асырылады.

## 3.1 Көмір шаңының температурасының азот оксидтерінің эмиссиясына әсері

Жану процестерін математикалық модельдеудің нәтижелері шаң-көмір алауында азот оксидтерінің түзілуін эксперименттік зерттеу кезінде алынған мәліметтермен салыстырылуы керек, сондықтан осы зерттеуде қолданылған модельдерді сипаттаймыз.

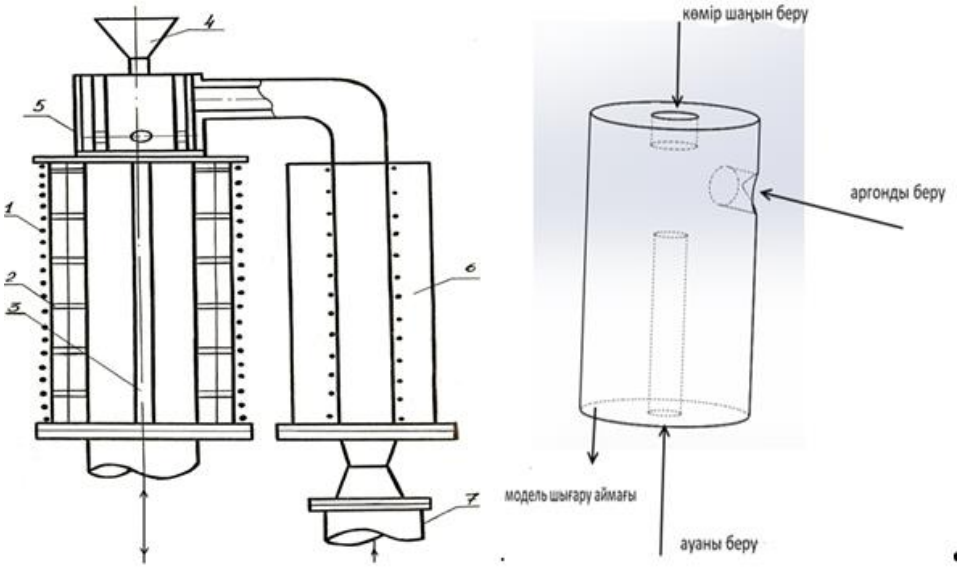
3.1- кестеде модельдеу бойынша бастапқы деректер берілген.

**3.1 – кесте - Процестің бастапқы параметрлері**

| Процесс параметрлері | Өлшем бірліктері | сандық мәндер |
|---|---|---|
| Ауа шығыны | кг/с | 0,08 |
| Көмір шаңын тұтыну | кг/с | 0,005 |
| Аргон шығыны | кг/с | 0,001 |
| Ауа температурасы | К | 300 |
| Көмір шаңының температурасы | К | 500-700 |
| Аргон температурасы | К | 500 |

Бұл процесті модельдеу кезінде көмір шаңының температурасы 100 градус қадаммен 500-ден 700-ге дейін өзгерді. Модельденген аймақтың изометриялық көрінісі 3.1 суретте көрсетілген.

Модельденген аймақта көмір жоғарыдан беріледі, ал ауа төменнен көмір шаңына қарсы ағынмен жеткізіледі, ал қыздырылған аргон 3.1-суретте көрсетілгендей тангенциалды түрде беріледі [15].



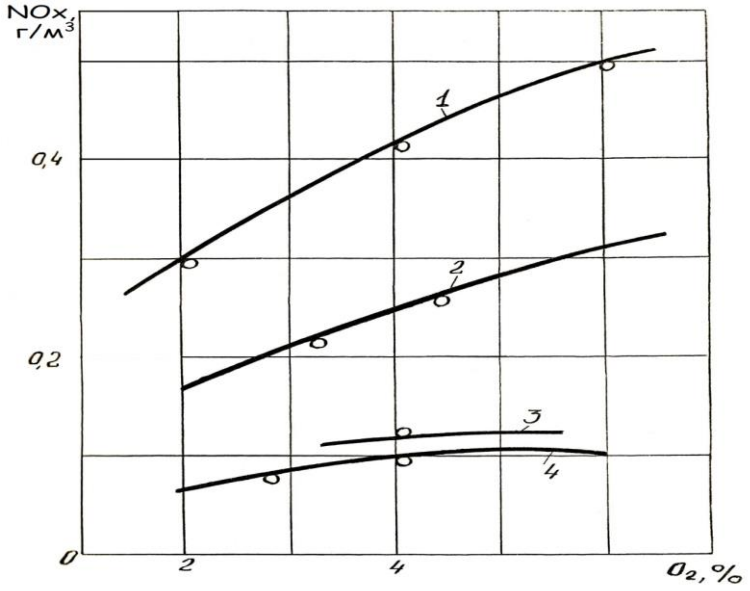

а) б)

а) эксперименттік қондырғы; б) Моделі

**3.1 – сурет - Модельденетін аудан сызбасы**

Көмір шаңының температурасының газдандыру аймағындағы азот оксидтерінің эмиссиясына әсері [15].

Сурет 3.2-те көмір шаңының температурасының азот оксидтерінің эмиссиясына әсері көрсетілген [20].

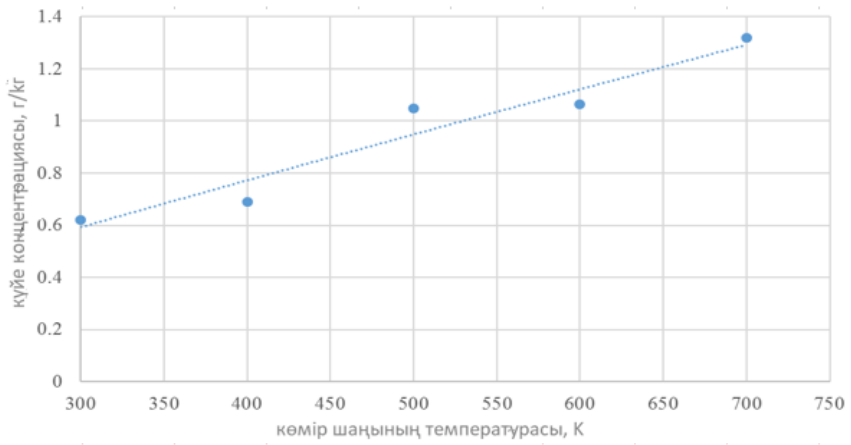



**3.2 - сурет - Көмір шаңының температурасының азот оксидтерінің эмиссиясына әсері.**

Жоғарыда көрсетілген экспериментке сай көмір шаңының бастапқы температурасы 300-700К шегінде жоғарылауының себебі азот оксидтерінің эмиссиясы шамамен 2 есе өсуіне әкелетінін көруге болады.

Көмір шаңының температурасының газдандыру аймағында күйе түзілуіне әсері

3.3-суретте көмір шаңының температурасына күйе концентрациясының өзгеру тәуелділігі көрсетілген.




**3.3 - сурет - Көмір шаңының температурасына байланысты күйенің пайда болуы**

Суреттен температураның жоғарылауына байланысты бірдей уақытта отынның механикалық күйіп кетуіне күйе түзілуінің 2 есе арттыратынын көруге болады.

Отын шығынының жану процестеріне әсері

Кейіннен отын шығынының жану процестеріне әсерін зерттеу жүргізілді.

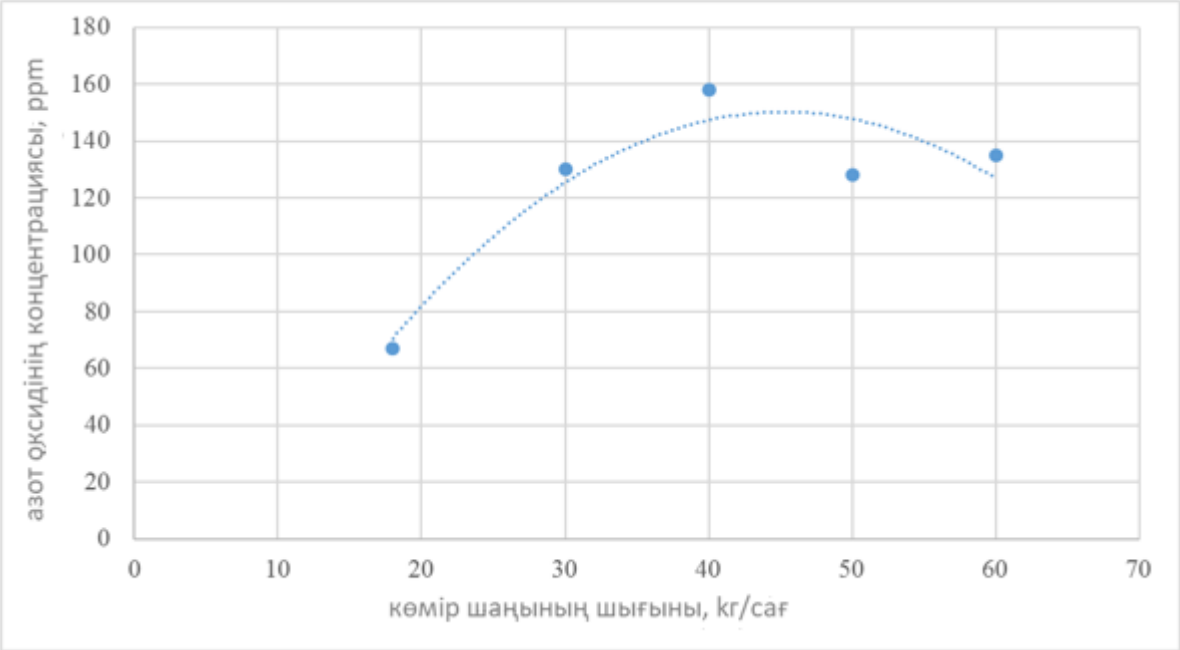
Эксперимент кезіндегі бастапқы шарттар мен өзгеретін параметрлер 3.2-кестеде келтірілген.

**3.2 кесте - Зерттеу кезіндегі шарттар мен өзгермелі параметрлер**

| Параметрлер | Өлшем бірліктері | Сандық мәндері |
|---|---|---|
| Ауа шығыны | кг/с | 0,08 |
| Көмір шаңын тұтыну | кг/с | 0,005-0,0017 |
| Аргон шығыны | кг/с | 0,001 |
| Ауа температурасы | К | 300 |
| Көмір шаңының температурасы | К | 500 |
| Аргон температурасы | К | 500 |

Отын шығынының газдандыру аймағында азот оксидтерінің түзілуіне әсері

3.4-суретте азот оксидтері концентрациясының өзгеруінің көмір шаңының шығынына тәуелділігі көрсетілген [15].



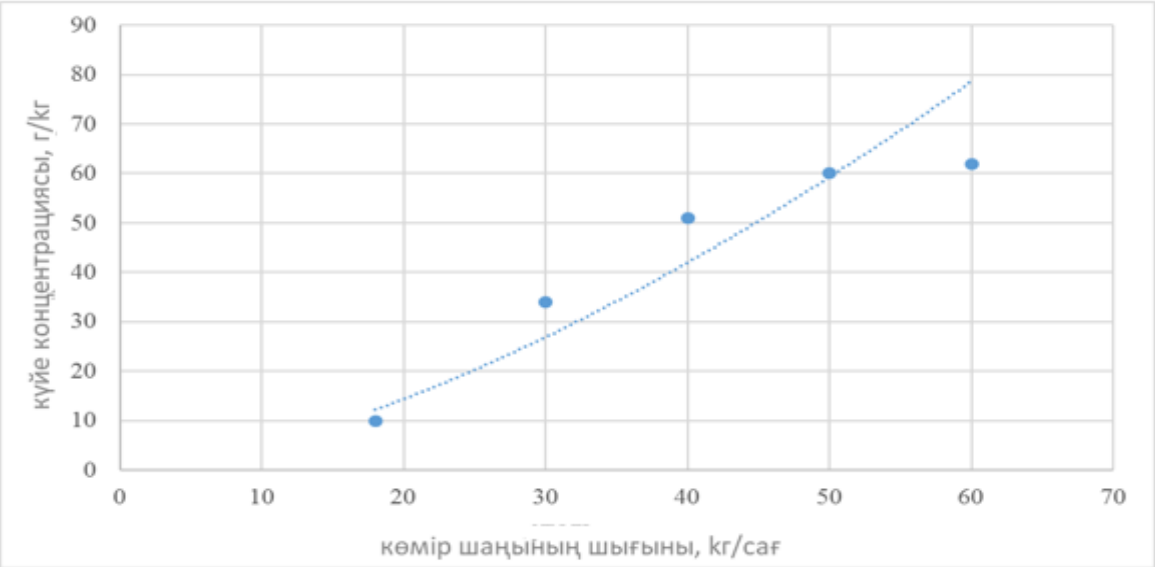

**3.4 – сурет - Азот оксиді концентрациясының көмір шаңының шығынына тәуелділігі, кг / сағ**

"Термиялық" азот оксидтерінің шығуының температураға тәуелділігі экспоненциалды деп есептелінеді. Сондықтан, пештегі температураның біркелкі бөлінбеуімен, бірақ температураның біркелкі шашырауымен пеште бірдей жылу бөлінуі (яғни, бірінші жағдайда пештегі температураның орташа мәні бірдей), бірінші жағдайда азот оксидтерінің шығымдылығы артады. Мұны температураның орташа деңгейден асып кетуі оттықтың басқа аймақтарындағы төмендеуге қарағанда азот оксидтерінің көбірек өсуіне әкелетіндігімен түсіндіруге болады. Бұл азот оксидтерінің шығарылуын азайту үшін пештегі температура өрісін теңестіру қажеттілігі туралы қорытындыға әкеледі.

Азот оксидтерінің қарқынды түзілуі жану реакциясы аяқталғаннан кейін емес, жанудың бірінші кезеңі аяқталғаннан кейін пайда болады, ол жанғыш компоненттердің толық шығуымен және құрамында азот бар ұшпа компоненттердің максималды концентрациясының қалыптасуымен сипатталады.

Отын шығынының газдандыру аймағындағы күйе концентрациясына әсері

3.4-суретте күйе концентрациясының көмір шаңының шығынына тәуелділігі көрсетілген.

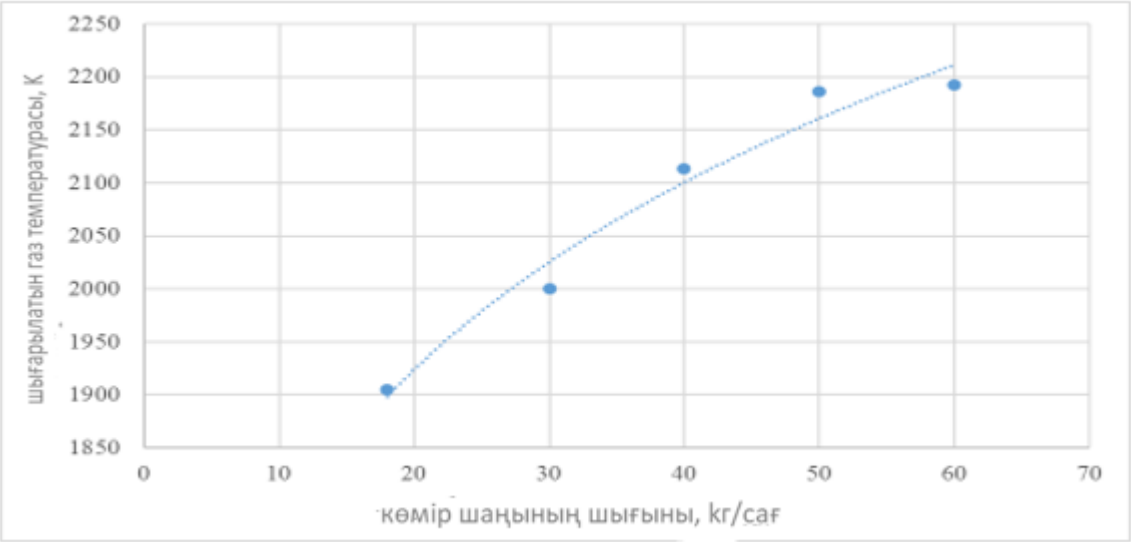



**3.4 – сурет - Күйе концентрациясының көмір шаңының шығынына тәуелділігі**

Отынды жағу кезінде механикалық күйік-бұл күйе мен кокс қалдықтары түріндегі қатты бөлшектер болып табылады. Күйенің пайда болуы оттегінің жетіспеушілігімен жоғары температуралы жану аймақтарында пайда болады.

Отын шығынының газдандыру аймағынан шығудағы газдардың температурасына әсері

Газдандыру аймағынан шығудағы температураның тәуелділігі 3.6-суретте көрсетілген [15].

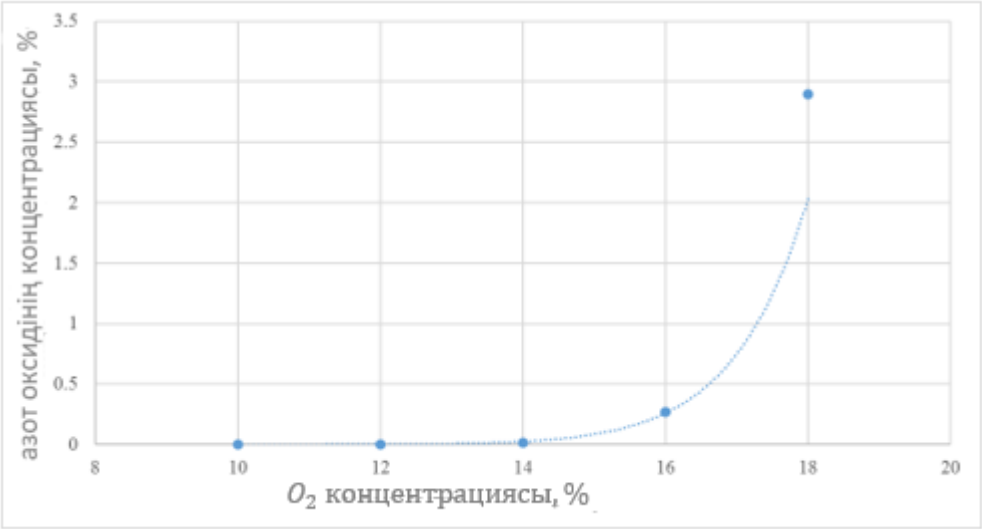



**3.6 - сурет - Газдандыру аймағынан шығудағы температураның тәуелділігі**

Жанармай шығынын көбейту жану аймағында температураның жоғарылауына әкелетіні анық, бұл модельдеу аймағынан шығатын аймаққа сәйкес келеді. Бұл нәтижелер азот оксидтерінің түзілу кестелеріне сәйкес келеді, өйткені температураның жоғарылауымен азот оксидтерінің түзілуі мен шығымдылығы арта түсетіні белгілі.

Газдандыру аймағында азот оксидтерінің түзілуіне оттегі концентрациясының әсері7

3.7-суретте азот оксиді концентрациясының ауадағы оттегі концентрациясына тәуелділігі көрсетілген.

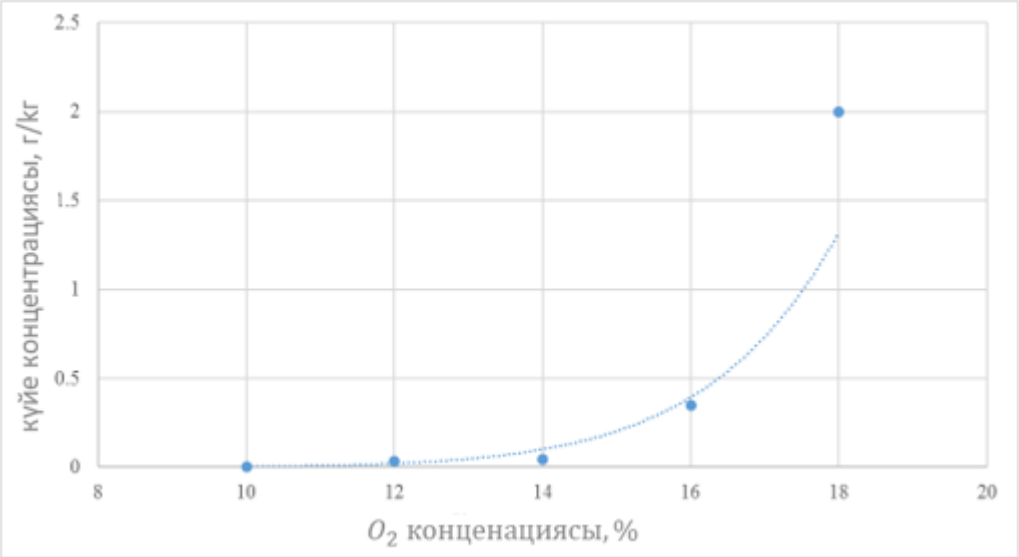



**3.7 – сурет - Азот оксиді концентрациясының берілетін ауадағы оттегі концентрациясына тәуелділігі**

Оттегі концентрациясының төмендеуі жанармайдың толық жанбауына әкеледі, бұл өз кезегінде жану аймағындағы температураны төмендетеді. Сонымен бірге, берілген ауадағы оттегі концентрациясының 16-дан 18% - ға дейін артуы азот оксидтері концентрациясының күрт жоғарылауына әкелетіні байқалды.

Газдандыру аймағында азот оксидтерінің түзілуіне оттегі концентрациясының әсері.

Күйе концентрациясының отындағы оттегінің концентрациясына тәуелділігі де 3.8-суретте көрсетілгендей сипатқа ие. 18% - да күйе концентрациясының күрт өсуі 16% - ға дейін көмір шаңының толық жануы жеткіліксіз екенін көрсетеді.




**3.8 – сурет - Күйе концентрациясының ауадағы оттегі концентрациясына тәуелділігі**

Берілетін ауа температурасының әсері

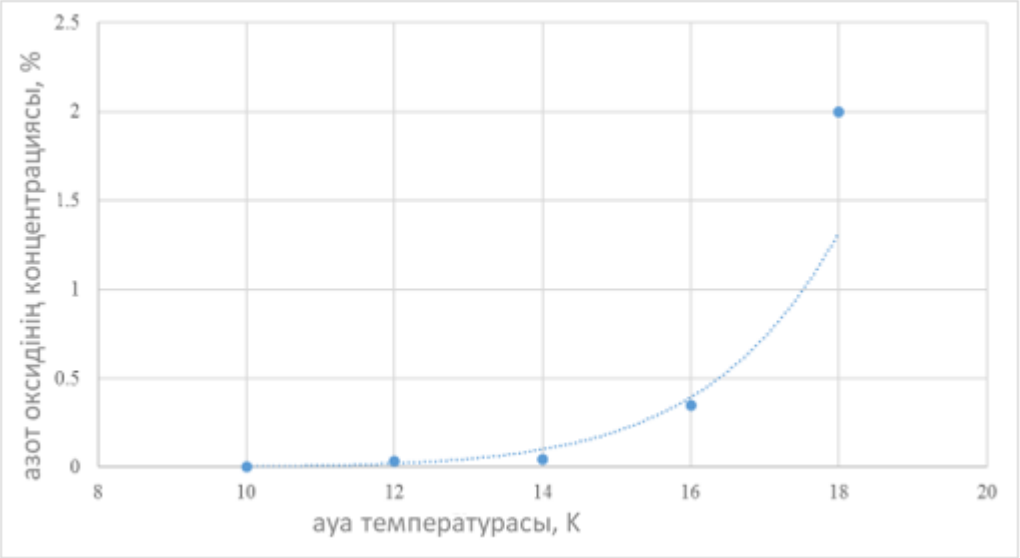
Бұл сандық эксперименттерде бастапқы ауа температурасы 300-ден 700 К-ге дейін өзгерді, эксперименттердегі бастапқы параметрлер төмендегі 3.3-кестеде келтірілген.

**3.3 – кесте - Зерттеу кезіндегі бастапқы параметрлер**

| Параметрлер | Өлшем бірліктері | Сандық мәндері |
|---|---|---|
| Ауа шығыны | кг/с | 0.08 |
| Көмір шаңын тұтыну | кг/с | 0.005 |
| Аргон шығыны | кг/с | 0.001 |
| Ауа температурасы | К | 300-700 |
| Көмір шаңының температурасы | К | 500 |
| Аргон температурасы | К | 500 |

Газдандыру аймағында азот оксидтерінің түзілуіне бастапқы ауа температурасының әсері

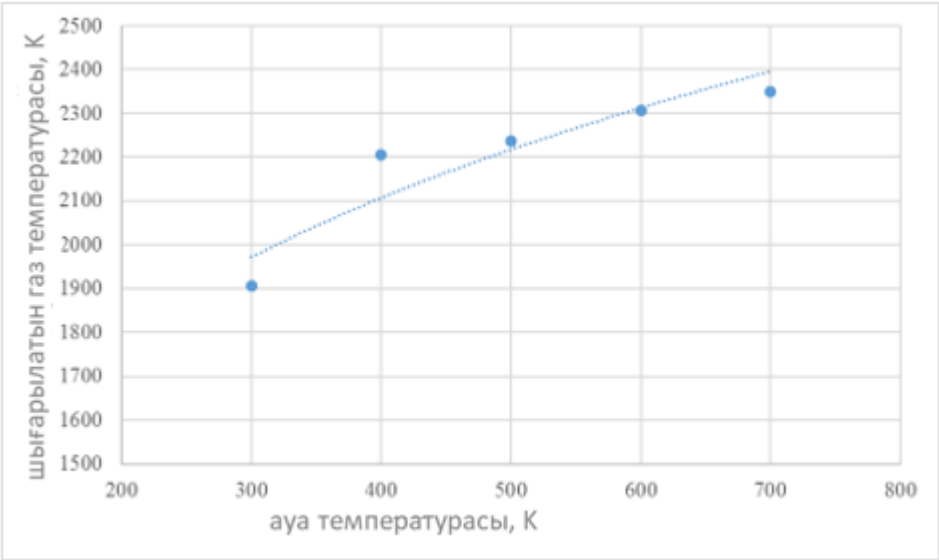
3.9-суретте азот оксидінің концентрациясының бастапқы ауа температурасына тәуелділігі көрсетілген. Бастапқы ауа температурасының жоғарылауы азот оксидтерінің эмиссиясының күрт өсуіне әкеледі. Сонымен қатар, бастапқы ауа температурасының жоғарылауы азот оксидтері концентрациясының экспоненциалды өсуіне әкеледі. Бұл жағдайда 600 К және 700 К температурада азот оксидтерінің концентрациясындағы айырмашылық шамамен 150 ppm құрайды, бұл 600 К концентрациясынан екі есе көп [15].




**3.9 - сурет - Азот оксидтері концентрациясының модельге берілетін ауа температурасына тәуелділігі**

Бастапқы ауа температурасының модель көлемінен шығатын газдардың температурасына әсері

Бастапқы ауа температурасының жоғарылауы эксперименттік аймақтан шыққан газдардың орташа температурасын арттырады. Азот оксидтерінің негізгі бөлігі отын азот оксидтері екенін ескере отырып, орташа температураның шамалы өсуіне қарамастан, 3.10- суретте көрсетілгендей азот оксидтерінің концентрациясының жоғарылауын қамтамасыз ететін жергілікті отын концентрациясы жоғарылаған аймақтар пайда болуы мүмкін деп болжауға болады.




**3.10 - сурет - Шығатын газдардың температурасы ауа температурасына тәуелділігі**

Математикалық моделдеу әдісі арқылы отын азотының оксидтерін қалыптастыру кинематикасын ескере отырып, ауа қоспасындағы шоғырланған көмірдің концентрациясын жоғарылату және оттегі концентрациясының әртүрлі мәндерінде, температура мен процестің әртүрлі уақытында Екібастұз көмірін жағу арқылы азот оксидтерінің пайда болуының сандық мәндері анықталды [15].

Есептеу нәтижелері басқа авторлардың белгілі деректеріне сәйкес келеді. Азот оксидтерін қазіргі заманғы нормативтік талаптар деңгейіне дейін азайтуға мүмкіндік беретін, ауаны фазалық жылжытумен отынның пиролизі арқылы азот оксидтерінің пайда болуын болдырмау үшін оттехникалық әдіс ұсынылды.

Ұсынылған әдістің жаңадан жобаланатын немесе жетілдірілетін оттық құрылғыларына қатысты қазіргі әдістерге сәйкес салыстырғанда экологиялық және экономикалық артықшылықтары белгіленді.

Ауаның оптималды кідірісі әдісі. Жанарғының жұмыс істеу барысында 11 аймағында газдандыру өнімдерінің басында азот оксидтерінің өлшегіші сорушы құбыр орнатылады. Үшінші реттік ауаның айналу деңгейін өзгертуімен (5 реттелітін құйындатқыштың көмегімен) ауаны алауға беру орынын аустырып сонымен қатар NOx азот оксидтерінің шығысын реттейді. Ауаны беру орынын тұтану аймағынан бастапқы газдандыруға 6 ауыстырған кезде NOx азот оксидтерінің шығу деңгейі отынның бос атомдары N азот пен $O_2$ оттектің тотығуынан болады. Ауа беру орынын керісінше ұшпа заттарының жалындану аймағынан белсенді жану аймағына ауыстырғанда, бастапқы газдандыру аймағындағы азот атомдарының күрт төмендеуінен ($N+N=N_2$ қайта әрекет ету нәтижесінде) азот оксидтерінің шығысы азаяды. Бұл ретте осы аймаққа берілетін ауа температрасының өсу нәтижесінде азот оксидтері пайда болуы мүмкін. Сондықтан азот оксидтерінің пайда болуын тиімді төмендету үшін ауа беруден кейінгі газдандыру өнімдерінің жану

аймағындағы көміртозаң алауының бастапқы газдандыру аймағын іздеу керек.

Жоғарыда келтірілген эксперименттер мен есептеу нәтижелерінің негізге ала отырып, газдандырудағы ұшпа компоненттерінің бастапқы тұтануы мен ауаны беру арасындағы уақытқа байланысты кідіртуінің әсері 0,1-0,4 с шегінде болғантығын (Екібастұз көмірі үшін) төменде келтірілген осы әдістің іс жүзінде қолданылуынан көруге болады.

# ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жобада жылуэнергетиканың негізгі үнемиеттік пен мекен қорғаулық өзекті мәселері аталып, зиянды заттарын азайтудың аз зиянды ауқымды және аз шығынды тәсілдемеліктері (технологиялары) қаралды**.**

Мұның аз зиянды және аз шығынды тәсілдемелік негіздері әдебиеттік деректермен және есептік молырақ сипатталды.

Бастапқы газдандырудың зерттелетін аймағының математикалық моделі жасалды. Математикалық модельдеу әдісімен процестің негізгі параметрлері өзгерген кезде көмірдің шаң әдісімен жағу кезінде азот оксидінің түзілу процесін зерттеу жүргізілді. Алынған есептеу нәтижелері талданады және эксперимент пен басқа авторлардың белгілі мәліметтеріне сәйкес келеді.

Дипломдық жұмыстың негізгі мақсаты – энергетикалық көмірді газдандырып жағу - КГЖ әдісі - мекен қорғаулық және үнемиеттік өте тиімді екенін көрсету болды.

Бұл - қатты отынды газдандырып жағу әдісі - жылу электр станциялар бугазды жаңа салынғанда аса тиімді екені арнайы сұрақпен көрсетілді.

Ал, егер ЖЭС шамалы (жергілікті) жаңартылса, КГЖ әдісі де шамалы пайдалынуы мүмкін екеніне бұл жұмыста көбірек көңіл бөлінді, өйткеніміз - бұл жолы – отынның сатылы жағылуы, тектесуі қалпына келтірулі, газы кері қайтарылулы секілді белгілі салыстырмалы арзан әдістерін іске асыру оңай.

# ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ


1 Крейнин Е.В., Михалина Е.С. Выбросы в атмосферу в электроэнергетике // экономика и промышленность России. 2002. №12. 2003. №2. (Нормы).

2 Крейнин Е.В. Уголь, как основное органическое топливо XXI века: экологически чистые угольные технологии // Уголь. 2003. №5.

3 Тиммс А., Хессельман. Снижение эмиссии $NO_x$ на пылеугольных котлах // Труды III Международной научно-практической конференции и специализированной выставки «Экология в энергетике». – М.:2006. С. 196-203.

4 Котлер В.Р., Серков Д.Е. Снижение эмиссии $NO_x$ на пылеугольных котлах с тангенциальными топками // Электрические станции. 2001. №4.

5 Енякин Ю.П., Котлер В.Р. Малотоксичные горелки как средство снижения выбросов оксидов азота на ТЭС РФ // Труды III Международной научно-практической конференции и специализированной выставки «Экология в энергетике». – М.:2006. С. 153-157.

6 Подавление эмиссии оксидов азота при ступенчатом сжигании высокореакционных углей / А.А.Штиль [и др.] // Теплоэнергетика. 2009. №1.

7 Баубеков К.Т. Исследование механизма образования оксидов азота в топках котлов при ступенчатом сжигании // Теплоэнергетика. 2008. №9.

8 Алехнович А.Н., Богомолов В.В. Влияние схем сжигания и режимов на шлакование. Трехступенчатое сжигание // Электрические станции. 2002. №3.

9 Шульман В.Л., Паршуков В.С., Глазков В.К. Трехступенчатое сжигание твердого топлива – практический опыт модернизации котлов // электрические станции. 2003. №5.

10 Кормилицын В.К., Ежов В.С. Механизм процессов поглощения оксидов азота водой из дымовых газов // Энергосбережение и водоподготовка. 2008. №6.

11 Котлер В.Р. Технологии одновременного снижения выбросов $NO_x$ и $SO_x$ на пылеугольных ТЭС США // Теплоэнергетика. 2002. №1.

12 Очистка дымовых газов мусоросжигательных котлов от оксидов азота / О.Н. Кулиш [и др.] // промышленная энергетика. 2002. №10.

13 Росляков П.В. Проблемы измерений загрязняющих веществ на ТЭС и их мониторинг // Труды III Международной научно-практической конференции и специализированной выставки «Экология в энергетике». – М.:2006. С. 83-88.

14 СТ КазНИТУ-09-2023. Общие требование к построению изложениям, оформлению и содержанию текстового и графического материала. Работы учебные. Алматы: КазНИТУ имени К.И.Сатпаева, 2023.

## ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Қазақстан Республикасы

«Сәтпаев университеті»

коммерциялық емес акционерлік қоғам

6В07101 – «Энергетика» мамандығы бойынша 4 курс оқитын

Абзалиев Ернар Кайратулы

«Аз зиянды және аз шығынды ЖЭС-ті жобалауды сандық зерттеу» тақырыбындағы дипломдық жобасына пікірі

Дипломдық жобада жылу электр станциялардың негізгі үнемиеттік пен мекен қорғаулық өзекті мәселері аталып, зиянды заттарын азайтудың аз зиянды ауқымды және аз шығынды қатты отынды дайындау мен жағудың әртүрлі тәсілдемеліктері (технологиялары) қаралған.

Мұның аз зиянды және аз шығынды тәсілдемелік негіздері әдебиеттік деректермен және есептік молырақ сипатталған.

Дипломдық жобаның негізгі мақсаты – сапасы төмен энергетикалық көмірді газдандырып жағу (КГЖ) әдісі мекен қорғаулық және үнемиеттік өте тиімді екенін көрсету болған.

Мұның ұтымды тетіктеріне көмір газдандырылғанда зиянды заттары ажыратылып, жасанды газдың мекен қорғаулық таза жағылуымен қатар металдың күкіртсіз және түрпүліксіз сенімді істеуі жатады. Оған қоса, арзан жасанды газ аса үнемді БГҚ-лық салыстырмалы қымбат табиғи газға мол алтернатива болып, энергетиканың үнемиеттігі асады.

Дегенмен, ЖЭС шамалы жаңартылғанда отынның тектесуліксіз сатылы жағылуы, тектесудің қалпына келу, түтіннің кері қайтарылуы секілді белгілі салыстырмалы арзан және қарапайым әдістердің іске асырылуы оңайлау, аз зиянды және аз шығынды болуы мүмкін. Сондықтан бұған дипломдық жобада көбірек көңіл бөлінген.

Дипломшы Абзалиев Ернар Кайратулы өзінің игерген білімділігі және талаптылығымен дипломдық жобасын өзі ұйымдастырып, іс жүзінде теориялық және қолданбалық маңызды жетістіктеріне ие болып, 5В071700 - «Жылуэнергетика» мамандығы бойынша бакалавр академиялық дәрежесін алуға лайық деп санаймын, ал дипломдық жұмысы жақсы бағалауға болады деп санаймын.

Ғылыми жетекші:
PhD доктор, қауымдастырылған профессор _____ Б. Онгар
«30» мамыр 2023 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И. СӘТПАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ»

«30» мамыр 2023 ж.

Қазақстан Республикасы

«Сәтпаев университеті»

коммерциялық емес акционерлік қоғам

6В07101 – «Энергетика» мамандығы бойынша 4 курс оқитын

Абзалиев Ернар Кайратулы

«Аз зиянды және аз шығынды ЖЭС-ті жобалауды сандық зерттеу» тақырыбындағы дипломдық жобасына пікірі

## СЫН - ПІКІРІ

Бұл дипломдық жұмыста бірден көңіл аударатыны - ол ЖЭС-тердің экономикалық пен экологиялық тиімділігінің ең күрделі және қиылысты мәселелерін ұштастыра қарастыруында.

Шынында бугазды қондырғылардың термодинамикалық айналымы үнемиеттік ең тиімді. Оның әсерлік пайдалы жұмыс еселеуіші 60 пайызға жеткізілуде. БГҚ-лардың қондырылған қуатының меншікті құны да бу шығырлы қондырғыларға қарағанда 20 пайыздан аса төмен және қайтарымды мерзімі де сол шамадай аз. Олардың ғылыми мәселері де жеткілікті игерілген және жылу электр станциялардың тозуы шегіне жетіп, жаңаландыруы тек аса тиімді БГҚ-лармен мүмкінінше ауыстырылуы жөн, ал жаңа ЖЭС-тердің БГҚ-лы жасалуы тіпті сөзсіз қажет.

Бірақ, БГҚ-лы ЖЭС-терде «энергетикалық» - деп аталатын қалдықты қатты отын мен қатар тәсілдемелік аса құнды табиги газ жағылады. Сондықтан қаралып отырған БГҚ тақырыпты дипломдық жобада құнсыз қатты отынды газдандырып, зиянды газдар мен күл-қождан тазалап алып, экотаза жасанды газды жағу деген өте маңызды және табылған шешім.

Әрине, мұндай үлкен мәселе дипломдық жобамен шешіледі демейміз. Дегенмен, мұның тақырыпты қарастырылуы, оның аз зиянды ауқымды және аз шығындыға тармақтап, жылутәсілдемелік пен өміртіршілік қауіпсіздігі және үнемиеттік сұрақтарын байланысты қарастыру белсенді майталман болашақтық мамандарды дайындауға да қажет.

Дипломдық жобада мысалды есептермен қатар болашақты қарастыруға маңызды теориялық мәліметтер де баршылық.

**Жұмыс бойынша ескерту:**

Пайдаланған әдебиеттер тізімі бойынша жаңа, яғни соңғы 10 жыл бойынша мәліметтер пайдаланылуы керек. Оған қарамастан жұмыс толықтай дайын. Мәліметтер жеткілікті.

**Жұмысты бағалау:**

Ұсынылған дипломдық жұмыспен танысу және талқылау негізінде Satbayev University –нің 6В07101 – «Энергетика» мамандығы бойынша түлегі Абзалиев Ернар Кайратулы «бакалавр» академиялық дәрежесін беруге лайық, ал дипломдық жұмыс бойынша 90% (А_) бағалауға болады деп санаймын.

Пікір беруші:
«Алматы энергетика және
байланыс университеті»
«ЖЭҚ» кафедрасының доценті,
тех. ғыл. канд. _____ М.Е. Туманов

«____» _____ 2023 ж.

**Протокол**

**о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)**

**Автор:** Абзалиев Ернар Кайратулы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Аз зиянды және аз шығынды ЖЭС-ті жобалауды сандық зерттеу

**Научный руководитель:** Булбул Онгар

**Коэффициент Подобия 1:** 18.1

**Коэффициент Подобия 2:** 5.8

**Микропробелы:** 1

**Знаки из здругих алфавитов:** 28

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 4

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

☑ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

2023-06-05

*Дата*

*Заведующий кафедрой* Энергетики

Сарсенбаев Е.А.

**Протокол**

**о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)**

**Автор:** Абзалиев Ернар Кайратулы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Аз зиянды және аз шығынды ЖЭС-ті жобалауды сандық зерттеу

**Научный руководитель:** Булбул Онгар

**Коэффициент Подобия 1:** 18.1

**Коэффициент Подобия 2:** 5.8

**Микропробелы:** 1

**Знаки из здругих алфавитов:** 28

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 4

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

☑ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование: Абзалиев Ернардың дипломдық жұмысы плагиат емес. Қорғауға жіберілді.

2023-06-05

*Дата*

*Заведующий кафедрой*