

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС

ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

ҚАРШИ МУҲАНДИСЛИК ИҚТИСОДИЁТ ИНСТИТУТИ

5520100 – "Иссиқлик энергетикаси"

бакалавр таълим йўналиши

БИТИРУВ МАЛАКАВИЙ ИШИ

**Мавзу: ИЭСда тутун газларини азот оксидларидан тозалаш
усулини ишлаб чиқиш**

Раҳбар:

(ИМЗО)

Қодиров И.Н.

Ишни бажарувчи:

(ИМЗО)

Пардаев М.

"Ҳимояга рухсат этилди"

Кафедра мудири:

_____ доц. И.Н. Қодиров
(ИМЗО)

"Ҳимоя учун ДАКга юборилди"

Факультет декани:

_____ доц. А.И. Юсупов
(ИМЗО)

" _____ " _____ 2012 йил

" _____ " _____ 2012 йил

ҚАРШИ – 2012 йил

МУНДАРИЖА

Кириш.....	3
1. Асосий қисм.....	6
1.1. Азот оксиди ташланмаларининг меъёрлари.....	6
1.2. Азот оксидларининг ҳосил бўлиш механизмлари.....	10
2. Азот оксидларини камайтириш усуллари.....	14
2.1. Тутун газларини рециркуляция қилиш.....	14
2.2. Ёқилғини поғонали ёқиш.....	18
2.3. Азот оксидлари кам чиқувчи горелкаларни қўллаш.....	22
2.4. Машъала ядросига сув ёки сув-мазут эмульсиясини пуркаш.....	30
3. Тутун газларини азот оксидларидан тозалаш.....	34
3.1. Тутун газларини азот оксидларидан тозалашнинг комплекс усуллари.....	34
3.2. Тутун газларини азот оксидларидан тозалашнинг селектив усуллари.....	37
4. Меҳнат хавфсизлиги ва хавфсизлик техникаси.....	53
5. Экология қисми.....	59
6. Иқтисодий қисм.....	66
Хулоса.....	71
Фойдаланилган адабиётлар.....	72

Кириш.

Ўзбекистонда ишлаб чиқаришни модернизация қилиш, техник ва технологик қайта жиҳозлаш, ишлаб чиқариш самарадорлигини янада ошириш масалаларига эътибор ҳозирги кунда айниқса, жаҳон-молиявий иқтисодий инқирозининг салбий оқибатларидан сақланиш даврида долзарб масалага айланиб бормоқда. Ишлаб чиқаришни модернизация қилиш, техник ва технологик жиҳатдан қайта жиҳозлаш ўз-ўзидан мамлакатимизда маҳсулотлар ишлаб чиқарилиши жараёнида фойдаланиладиган барча турдаги ресурсларни оқилона ишлатишда асос бўлади.

Президентимиз Ислом каримовнинг 2011 йилда мамлакатимизни ижтимоий-иқтисодий ривожлантириш якунлари ва 2012 йилга мўлжалланган энг муҳим устивор йўналишларга бағишланган Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг мажлисидаги маърузасида қайд этилган муҳим устивор вазифалардан бири ишлаб чиқаришни модернизация қилиш, техник ва технологик қайта жиҳозлаш ва уларни жадал янгилашдан иборат экани белгилаб берилди. Маърузада 2011 йилда жалб этиладиган барча инвестицияларнинг 36,4 фоиздан ортиғи саноатни модернизация қилиш ва техноогик янгилаш дастурларини амалга оширишга йўналтириш кўзда тутилаётгани ҳамда замонавий асбоб-ускуналар харид қилиш харажатлари умумий капитал қуйилмалар ҳажмининг камида 46 фоизини ташкил этаётгани қайд этилди. Шунингдек, Муборак нефтьни қайта ишлаш заводи ва “Шўртантнефть-газ” унитар корхонасида 400 минг тонна суюлтирилган газ ва газ конденсати ишлаб чиқарадиган қурилмаларни ўрнатиш ва бошқа шу каби муҳим лойиҳаларни амалга ошириш ҳам кўзда тутилди.

Ҳозирги кунда барча ишлаб турган саноат корхоналари, хусусан энергетика саноатида иккиламчи энергия манбаларидан фойдаланиш масалалари долзарб ҳисобланади. Иккиламчи энергия манбалари қатор саноат соҳаларининг 30-60% ва ундан кўпроқ улушини ташкил этади.

Иккиламчи энергия манбаларидан фойдаланиш ёқилғининг умумий сарфини камайтиради ва энергия истеъмоли кўламларини қисқартиради.

Йирик ишлаб-чиқариш ва илмий-техник салоҳиятга эга бўлган мамлакатимиз энергетикаси - бутун халқ хўжалиги комплексининг ривожланишига салмоқли таъсир кўрсатиб келмоқда.

Иқтисодий ислохотлар йиллари мобайнида соҳанинг энергетик корхоналари томонидан ҳар йили 48 млрд. кВт.соат электр энергияси ва 10 млн. Гкал.дан ортиқ иссиқлик энергияси ишлаб чиқарилмоқда, бу эса иқтисодиёт ва аҳолининг электр энергиясига бўлган талабини тўлиқ қондирмоқда.

Ўзбекистон энергетика тизимининг асоси умумий қуввати 10,6 млн. кВт бўлган иссиқлик электр станцияларидир (ИЭС). Бешта йирик ИЭСда қуввати 150 дан 800 МВт гача бўлган энергоблоклар ўрнатилган. Булар Толимаржон, Сирдарё, Янги Ангрен ва Тошкент ИЭС каби йирик иссиқлик электр станциялари бўлиб, 85 фоиздан ортиқроқ электр энергиясини ишлаб чиқаради.

Ҳозирги вақтда халқаро кредит институтларининг ресурсларини жалб қилган ҳолда қатор инвестиция лойиҳалари ҳаётга татбиқ этилмоқда. Қуввати 370 МВт бўлган буғ-газ қурилмаси негизида энергия ишлаб чиқариш бўйича замонавий технологияларни жалб қилган ҳолда Тошкент ИЭСни модернизациялаш ишлари бошлаб юборилди. Реконструкция ва модернизация қилиш жараёнида Навоий ИЭС, Муборак ва Тошкент ИЭМда ишлаб чиқариш ускуналарини янгилаш ҳам кўзда тутилмоқда.

Барча ишлаб турган ИЭСларда ёқилғи ёқилиши натижасида атроф-муҳитга ва инсониятга салбий таъсир этувчи зарарли ва захарли моддалар ажралиб чиқади. Ана шундай моддалардан бири бу азот оксидларини ҳосил бўлишидир. Ҳозирги вақтда азот оксидларини камайтириш учун қаттиқ ёқилғиларни паст ҳароратда ёқиш лойиҳалари ишлаб чиқилган ва амалга оширилган.

Битирув малакавий ишида айнан ёқилғи ёқиоганда ажралиб чиқадиган азот оксидларини камайтириш усуллари ва чиқиб кетаётган тутун газлари таркибидаги азот оксидларини тозалаш бўйича ҳозирги кунда олиб борилаётган илмий ишлар таҳлили, азот оксидаларини ҳосил бўлиш механизмлари, рухсат этилган чегаравий концентрация бўйича азот оксидларининг меъёрлари тўғрисида маълумотлар келтирилган.

Шунингдек ёқилғи ёқилганда қозн ўтхонасида ҳосил бўладиган азот оксидларини камайтириш ва уларни ҳосил бўлишини олдини олиш, ҳосил бўлиш даражасини камайтириш чора-тадбирлари ва усуллари батафсил ёритилган. Чиқиб кетувчи тутун газлари таркибидаги азот оксидларини тозалаш бўйича селектив усуллардан фойдаланишнинг самарадорлиги изоҳланган. Азот оксидларини тирик организмга ва жонли табиатга таъсирлари кенг ёритилган.

1.1. Азот оксиди ташланмаларининг меъёрлари.

Азот оксидлари ИЭС нинг энг хавфли чиқиндилари ҳисобланади. Азот оксидларининг миқдори И.Я. Сигал маълумотлари бўйича 1-жадвалда келтирилган. Азот оксидларининг миқдори кўмир, мазут ва табиий газ ёқилғиларининг ёниш маҳсулотларини заҳарлилигини аниқлайди. Бундан ташқари, азот оксидлари ультра бинафша нурлари таъсири натижасида атмосферада содир бўладиган фотохимёвий реакцияларда фаол иштирок этади ва бошқа заҳарли газларни ҳосил бўлишига олиб келади.

Ҳаво ва ёқилғи таркибидаги азот миқдори азот оксидларини ҳосил бўлишининг манбалари ҳисобланади. Атмосфера ҳавосининг таркибида ҳажм бўйича 78,1% азот оксидлари мавжуд.

Азот ёқилғи ишчи массасининг таркибий қисми ҳисобланади. Азот оксидларининг ёқилғи таркибидаги миқдори унча кўп эмас: казиб олинadиган кўмирда 2%, антрацитда 0,5% дан ошмайди, торф ва ёнувчи сланецларда 1% гача, ўтхона мазути ва табиий газнинг таркибида 1-1,5% гача ва фақатгина табиий газнинг бошқа конларида таркибидаги азот миқдори 4% гача этади.

Ер атмосферасига чиқариб юборилаётган азот оксидларининг асосий миқдори табиий жараёнлар натижасида чиқарилади. Антропоген таъсири натижасида чиқариладиган азот оксидлари миқдори барча азот оксидлари миқдорини 10% кам қисмини ташкил этади. Аммо айнан антропоген таъсири натижасида чиқариб ташланадиган азот оксидлари жуда хавфли ҳисобланади.

Антропоген таъсирлар натижасида чиқариб ташланадиган NO_x нинг асосий манбаларидан бири бу иссиқлик электр станциялари ҳисобланади. Ушбу азот оксиди ташланмаларининг миқдори ёқилғи турига, ёқилғини ёқиш усулига ва шлакни бартараф этиш усулига боғлиқдир, азот оксидларининг миқдори қуйида келтирилган:

Ёқилғи тури ва шлакни бартараф этиш усули	NO _x ташланмаларининг концентрацияси, мг/м ³ *
Тош кўмир, суюқ шлак бартараф этилувчи	1300-640
Тош кўмир, қуруқ шлак бартараф этилувчи	1100-470
Кўнғир кўмир	800-350
Мазут	1320-250
Газсимон ёқилғи	1500-125

*-кичик қийматлар янги қурилмалар ва эски қурилмаларни реконструкция қилгандан кейинги миқдори

Келтирилган маълумотлардан кўришиб турибдики, юқори экологик кўрсаткичларни олиш учун атмосферага чиқариб юбориладиган азот оксидларини камайтириш чора-тадбирларини ишлаб чиқиш керак.

N₂O, NO, N₂O₃, NO₂, N₂O₄, N₂O₅ турли азот оксидларининг ичида экологияга энг кучли таъсир этувчилари азот моно оксиди NO ва азот икки оксиди NO₂, уларнинг йиғиндисини NO_x каби ифодалаш қабул қилинган. Азот моно оксиди-шаффоф рангсиз газ, у атмосфера босимида -157,7⁰С да суюқликка айланади. У кам фаол ва сувда ёмон эрийдиган газ ҳисобланади. Ёқилғини ёқиш натижасида ҳосил бўладиган азот оксидлари ва тутун газлари таркибидаги азот оксидларининг 97-99% ини NO ташкил этади.

Азот моно оксиди NO₂ га қараганда кам захарлидир. Атмосферага чиқариладиган азот оксидларининг РЭЧК қийматлари-максимал бир марталик (РЭЧКМБМ) ва ўртача кунлик (РЭЧКЎК) қийматлари қуйида келтирилган:

Азот оксиди шакллар	РЭЧКМБМ	РЭЧКЎК
NO	0,6	0,06
NO ₂	0,085	0,04

NO₂, NO дан фарқли равишда кимёвий реакцияларда анча фаол иштирок этувчи газ, ранги қизил-кўнғир, бўғувчи газ ҳисобланади. Азот икки оксиди сувда жуда яхши эрийди, атмосфера босимида енгил сиқилади ва 21,15⁰С да

кизил-кўнғир суюқликка айланади, $10,2^{\circ}\text{C}$ хароратда қотади ва рангсиз кристаллар ҳосил қилади. Азот икки оксиди инсон саломатлигига жуда салбий таъсир кўрсатади ва айниқса унинг нафас олиш тизимига зарар етказади.

1997 йилда Ҳалқаро энергетика агентлиги янги ишлаб чиқилган қозон қурилмаларидан атмосферага ифлослантирувчи моддаларни солиштирма миқдорини меъёрлари ва азот оксидлари ташланмаларининг чегаравий қийматлари белгилаб қуйилди. Фан техника ривожининг замонавий даражасида солиштирма ташланмаларнинг меъёрлари 2-жадвалда келтирилган.

2-жадвал. NO_x ташланмаларининг солиштирма меъёрлари, ГОСТ Р50831-95 бўйича.

Қозоннинг унумдорлиги, т/соат	Ёқилғи тури	Массали ташланма, кг/т	Тугун газларидаги массавий концентрацияси, мг/м^3
2000 йил 31 декабригача ишга туширилган қозон қурилмалари			
420 дан кам	Газ	1,26	125
	Мазут	2,52	250
	Кўнғир кўмир:		
	қаттиқ шлак бартараф	3,5	320
	этилувчи	3,81	350
	суюқ шлак бартараф		
	этилувчи		
	Тош кўмир:		
қаттиқ шлак бартараф	4,98	470	
этилувчи	6,75	640	
суюқ шлак бартараф			
этилувчи			

420 дан кам бўлмаган	Газ	1,26	125
	Мазут	2,52	250
	Қўнғир кўмир: қаттиқ шлак бартараф этилувчи	3,95 -	370 -
	суюқ шлак бартараф этилувчи		
	Тош кўмир: қаттиқ шлак бартараф этилувчи	5,86 7,33	540 700
	суюқ шлак бартараф этилувчи		
2001 йил 1 январидан ишга туширилган қозон қурилмалари			
420 дан кам	Газ	1,26	125
	Мазут	2,52	250
	Қўнғир кўмир: қаттиқ шлак бартараф этилувчи	3,20 3,20	300 300
	суюқ шлак бартараф этилувчи		
	Тош кўмир: қаттиқ шлак бартараф этилувчи	4,98 6,75	470 640
420 дан кам бўлмаган	Газ	1,26	125
	Мазут	1,26	125
	Қўнғир кўмир:		

	қаттиқ шлак бартараф этилувчи	3,20 -	300 -
	суюқ шлак бартараф этилувчи		
	Тош кўмир: қаттиқ шлак бартараф	3,81	350
	этилувчи	6,16	570
	суюқ шлак бартараф этилувчи		

NO_x ташланмаларининг бирданига пасайиши 1995 йилдан бошланди, шунингдек электр энергиясини ишлаб чиқариш пасайди. Шунинг учун 1998 йилда NO_x ташланмалари анчагача пасайди.

Ҳозирги кунда энергетика корхоналари 38% қаттиқ моддаларнинг ташланмалари, 35% олтингугурт оксидлари, 3% углерод оксидлари ва умумий ташланадиган азот оксидларининг 40% ини ташкил этади. Ушбу ташланмаларнинг асосий қисми ИЭС нинг ишлаши билан боғлиқ. Шунинг учун атмосферага чиқариладиган NO_x ташланмаларини камайтириш иссиқлик энергетикаси муҳандислари учун биринчи даражали масалалар ҳисобланади.

1.2. Азот оксидларининг ҳосил бўлиш механизмлари.

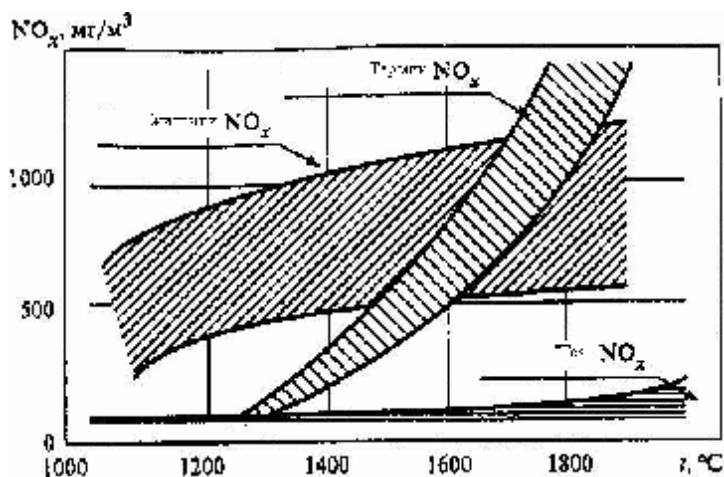
Азотнинг термик оксидларини ҳосил бўлиши.

Азот оксидларини ҳосил бўлишини олдини олиш усулларини ишлаб чиқиш учун азот оксидларини қандай ҳосил бўлишини билиш жуда ҳам муҳимдир. Ҳозирги вақтда азот оксидларининг учта принципиал турлича бўлган манбалари ўрганиб чиқилган:

1) ҳарорат 1300⁰С дан юқори бўлганда ҳавонинг молекуляр азотидан термик NO ни ҳосил бўлиши;

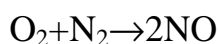
- 2) ёқилғи таркибидаги азотдан ҳосил бўлган NO;
- 3) ҳаво молекуляр азотларини углеводородли радикаллар билан ўзаро реакцияга киришиш йўли билан ҳосил бўлган NO.

Азот оксидларини ҳароратга боғлиқ ҳолда ҳосил бўлиши 1-расмда тасвирланган.



1.1-расм. Органик ёқилғини ёқганда ҳароратга боғлиқ ҳолда азот оксидларини ҳосил бўлиши.

Термик азот оксидлари юқори ҳароратларда содир бўлади. Уни куйидаги реакция бўйича ёзиш мумкин:



Тажриба тадқиқотлари шуни кўрсатдики, NO ни ҳосил бўлиш механизми ёниш тезлигидан анчагина кичик ва NO нинг асосий қисми ёниш тугаб бўлгандан сўнг ҳосил бўлади, яъни ҳароратнинг ортиши молекулаларни кислороднинг диссоциацияланишига олиб келади. NO ни ҳосил бўлиш ва ажралишини қайтар реакциясини тезлиги ёниш зонасидаги ҳароратга ва ортиқча кислород, азот ва азот оксидларининг концентрациясига боғлиқ.

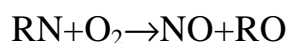
Юқори энергия ҳисобига термик азот оксидларини асосий миқдори ҳароратнинг кичик кўламида, яъни актив ёниш зонасининг максимал ҳароратига яқин ҳароратда содир бўлади.

Термик азот оксидларининг ҳосил бўлиш тезлиги ҳароратни ортиши билан ортиб боради, у азотни концентрациясига ва азот оксидларини

генерациялаш зонасидан ёниш махсулотларини чиқиб кетиш вақтига ва кислород концентрациясининг квадратига тўғри пропорционал. Шунинг учун термик азот оксидларини камайтиришнинг биринчи чора-тадбирлари NO_x ни максимал генерациялаш зонасидаги бир ёки бир нечта омилларга таъсир кўрсатади ва ёниш машъаласига махсус шароитлар яратилади, ёқилғини поғонали ёқиш ташкил этилади.

Ёқилғи азот оксидларини ҳосил бўлиши.

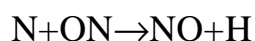
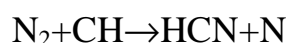
Ёқилғи азот оксидаларини ҳосил бўлиши иккита босқичда амалга оширилади: бошланишида CN , CHN , NH , NH_2 туридаги азот таркибли бирикмаларни ажратувчи мазут томчилари ёки кўмир заррачалари газлаштирилади, сўнгра ушбу бирикмалар қуйидаги реакциялар бўйича қисман оксидланиши содир бўлади:



Ёқилғи азот оксидлари асосий ёниш зонасида ёқилғини ёниши билан параллел равишда ҳосил бўлади. Кичик энергия ҳисобига ҳам ёқилғи азотидан ҳосил бўладиган NO ни ҳосил бўлиш жараёни нисбатан паст ҳароратларда ҳам содир бўлади. Ёқилғи азот оксидларининг чиқиши ёниш зонасида кислород молекулаларининг таркибига боғлиқ. Табиийки, бу ерда муҳим омил ёқилғи таркибидаги азот миқдори ҳисобланади. Энергетика қозонларда мазутни ёқиш натижасида ёқилғини таркибидаги азот оксидларини улуши нисбатан кичик, қаттиқ шлак бартараф этилувчи қозонларда кўмир чангини ёққанда ёқилғи азот оксидларининг улуши 90% дан ошади.

“Тез” NO_x нинг ҳосил бўлиши.

“Тез” NO углеводородли ёқилғиларни аланга фронти зонасида ҳосил бўлади, уни қуйидагича ёзиш мумкин:



Ушбу реакциялар ҳарорат 1300°C га етганда тез содир бўлади, бунда термик NO нинг ҳосил бўлиши содир бўлмайди. “Тез” NO концентрациясининг ортиши ортиқча ҳавони, ҳароратини ва тибий газни ёқишда $70\text{-}90$ мш/м³ гача ортади. Шуларни эътиборга олган ҳолда янги конструкциядаги қозонларни ишлаб чиқиш учун қатор чора-тадбирларни амалга ошириш зарур бўлади.

2. Азот оксидларини камайтириш усуллари.

Ёқилғини ёқиши натижасида азот оксидларини ҳосил бўлиш механизмини таҳлилидан шуни хулоса қилиш мумкин, NO_x ҳосил бўлишини камайтириш учун қуйидаги чора-тадбирларни амалга ошириш зарур бўлади:

1) ёниш ҳароратини пасайтириш;
2) ёниш маҳсулотларини юқори ҳароратлар соҳасидан чиқиб кетиш вақтини камайтириш:

3) тикланувчи атмосферали реакция зонасини яратиш (ҳавони ортича миқдори бирдан кичик), бунда ёқилғи таркибидаги азотдан NO нинг ҳосил бўлиши қийинлашади ва азот оксидларини тикланиши азот молекулаларигача давом этади.

Электростанцияларда азот оксидлари ташланмаларини камайтириш учун қуйидаги бирламчи ва иккиламчи чора-тадбирлар қўлланилиши керак:

- 1) тутун газларини рециркуляция қилиш (NO_x нинг камайиши 33% гача);
- 2) ёқилғини поғонали ёқиш (NO_x нинг камайиши 50% гача);
- 3) ҳавони поғонали узатиш (NO_x нинг камайиши 35-40% гача);
- 4) NO_x кам чиқувчили горелкаларни қўллаш (NO_x нинг камайиши 60% гача);
- 5) машғала ядросига сув пуркаш (NO_x нинг камайиши 25-44% гача);
- 6) қурама усуллари қўллаш (NO_x нинг камайиши 90% гача).

2.1. Тутун газларини рециркуляция қилиш.

Ҳосил бўладиган азот оксидларини камайтириш усуллари энг кўп тарқалаган ва энг яхши ўрганилган усули бу тутун газларини ёниш зонасига рециркуляция қилиш усулидир. Бунда нафақат қайноқ ўтхона газларини горелкага ички рециркуляция қилиш балки, пуфланадиган ҳавони қиздириб совуган дастлабки газларни ташқи рециркуляция қилиш мумкин.

Экономайзердан ўтган ҳарорати 300-400⁰С бўлган тутун газларини рециркуляциялашни ташкил этиш одатда махсус рециркуляцион тутун сургич ёрдамида амалга оширилади ва ўтхона камерасига узатилади. Бунда газларни ўтхона камерасига киритиш усули жуда катта аҳамиятга эга: горелкани пастки қисмидан шлица орқали узатиш, горелка атрофидаги халқали канал орқали узатиш ва пуфланадиган ҳавони горелкадан олдин газлар билан аралаштириш.

2.1-расмдан кўриниб турибдики, санаб ўтилган узатиш усуллари ичида охириги усул энг самаралидир, бунда машъала ядросида ҳарорат етарли даражада пасаяди. Шунинг ушбу графикдан хулоса қилиш мумкинки, пуфланадиган ҳавога тутун газларининг 20-25% ини аралаштириш ҳосил бўладиган азот оксидларини 40-50% гача камайтиради. Газларни рециркуляция қилиш натижасида ёниш ҳарорати пасаяди бу эса кислород концентрациясини анчагина камайишига, ёниш тезлигини пасайишига ва ёниш зонасини узайишига, энг муҳими ушбу зонадаги ўтхона экранларини самарали совутилишига олиб келади.

Шуни таъкидлаш жоизки, рециркуляцияни ташкил этиш бир қанча қўшимча қийинчиликлар билан боғлиқ. Юқори ҳароратли чангланган газларни ташиш махсус рециркуляцион тутун сургичларни талаб этади, бу эса ўз эҳтиёжлар учун зарур бўлган энергияни қўшимча сарфига олиб келади. Тутун газларини рециркуляция қилиш газ трактининг қаршилигини оширади ва ёниш шароитини бир қанча ёмонлашишига олиб келади.

Тутун газларини рециркуляция қилиш буғни ўта қиздириш ҳароратига таъсир кўрсатади. У вақти вақти билан айнан мана шу мақсадлар учун ҳам қўлланилади. Қатор қозонларда ўта қиздиришни ростлаш ва ўтхона камерасида азот оксидларини ҳосил бўлишини камайтириш мақсадларида рециркуляциядан фойдаланиш мумкин.

Тутун газларини конвектив шахтадан ҳаво трактига рециркуляция қилиш кўшимча газларни рециркуляцияловчи тутун сўргич ёрдамида амалга оширилади (2.2-расм).

Рециркуляция қилинган газларни ҳаво билан аралашини яхшилаш учун ўтхона камераси аралаштиргичлар ўрнатилади. Рециркуляция қилинган газларнинг улуши одатда 20% дан ошмайди.

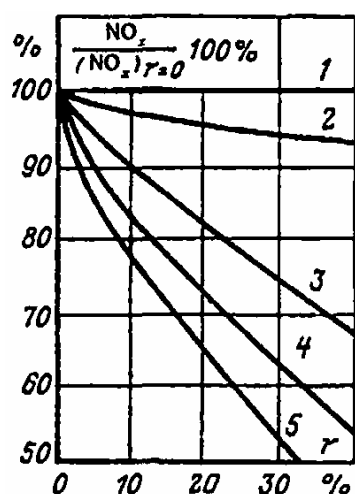
Ушбу усулни қўллаганда NO_x ташланмаларининг камайиши куйидагича бўлиши мумкин:

Кўмирни ёққанда 25% гача;

Мазутни ёққанда 30% гача;

Табиий газни ёққанда 33% гача.

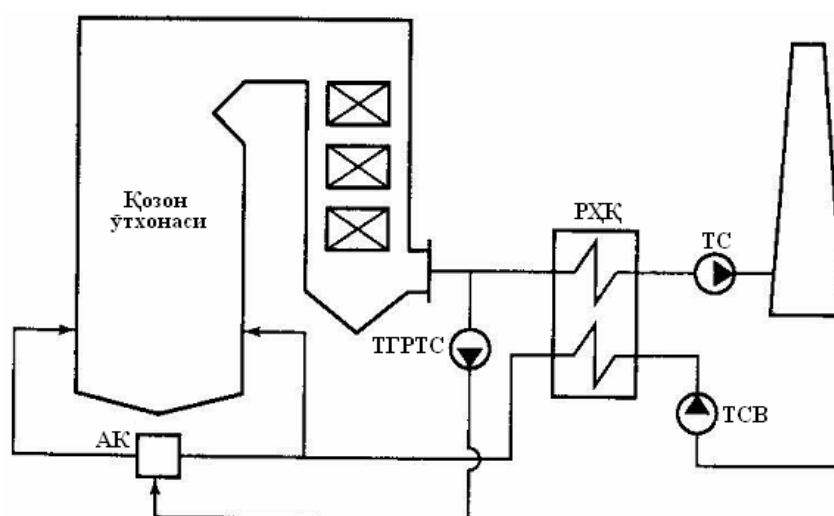
ИЭСнинг техник-иқтисодий кўрсаткичи анчагина ёмонлашади. Эҳтиёжлар учун электр энергиясини сарфи ортади. Бундан ташқари чиқиб кетувчи газларнинг ҳарорати ортади, бу эса қозоннинг ФИК 0,6-1,3% га камайишига олиб келади.



2.1-расм. Азот оксидлари ҳосил бўлишини камайириш усуллари.

а-газларни рециркуляция қилиш даражасини ва газларни узатиш усуллари азот оксидларини концентрациясини камайишига таъсири (1-газларни совук воронка орқали узатиш; 2-газларни пастки ёнлама шлица орқали узатиш; 3-газларни горелка остидаги шлица орқали узатиш; 4-газларни иккиламчи ҳаво

горелкаси орқали узатиш; 5-газларни умумий ҳавони узатувчи горелкалар орқали узатиш).



2.2-расм. Газларни рециркуляцияловчи тутун сўргични қўллаб қозоннинг тутун газларини рециркуляциялашнинг принципиал схемаси.

ТГРТС-тутун газларини рециркуляцияловчи тутун сўргич; ТСВ-тутун сўрувчи вентилятор; ТС-тутун сўргич; РХҚ-регенератив ҳаво қиздиргич; АК-аралаштириш камераси.

Баъзида тутун газларини рециркуляция қилиш тутун сўрувчи вентиляторлар билан амалга оширилади. Бунда рециркуляциялаш улуши 10% дан ошмайди. Ушбу ҳолатда ҳам чиқиб кетувчи газларнинг ҳарорати ҳам ошади ва қозоннинг ФИК пасаяди, сўрувчи вентилятор учун электр энергиясини сарфини ортиши билан эҳтиёжлар учун электр энергиясининг сарфи ортади.

2.2. Ёқилғини поғонали ёқиш.

Ёқилғини поғонали ёқишда қозон ўтхонасидаги горелкалар бир нечта ярусли қилиб жойлаштирилади (одатда уч ва тўрт ярусли). Ҳавони узатилиши (ортиқча ҳаво) ҳам яруслар бўйича ўзгаради.

Ёқилғини икки поғонали ёқиш.

Бу азот оксидлари ҳосил бўлишини камайтиришнинг энг асосий усули ҳисобланади. Ушбу усулда узатилаётган бирламчи ҳаво ёниш зонасига ёқилғини ёниш учун зарур бўлган назарий ҳаво ҳажмига ($\alpha_1=0,8\div 0,95$) нисбатан кам миқдорда берилади (2.3-расм).

Бирламчи зонада ёниш паст ҳароратда амалга оширилганлиги учун ёқилғи тўла ёнмайди ва натижада азот оксидларининг миқдори камаяди.

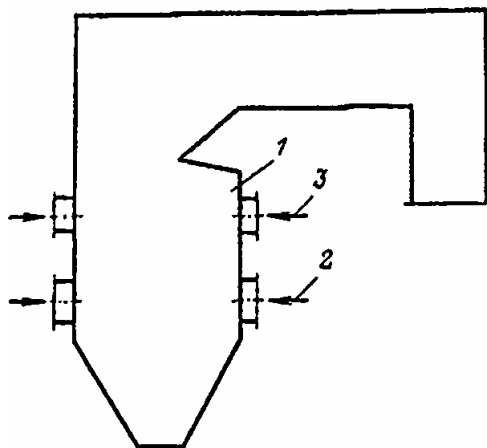
Иккинчи зонага тоза ҳаво ёки чала ёниш маҳсулотларини ёқиш учун ёқилғи аралашмалари узатилади. Бирламчи ёниш зонасидан иссиқликни олиб кетилиши нафақат газларнинг ҳароратини пасайтиради, балки ёниш жараёнининг охириг босқичи анча паст ҳароратларда олиб борилади.

Ушбу жараён тўлиқ амалга ошиши учун асосий горелка ортиқча ҳаво миқдори 1 дан кам бўлганда ишлайди, етмай қолган ҳаво горелканинг тагида жойлашган ҳаво пурковчи фурма орқали узатилади. Айрим ҳолларда оралик вариантлар ҳам қўлланилиши мумкин, бунда горелкаларнинг пастки яруслари кам ҳаво билан ишлайди ($\alpha_1 < 1$), юқори ярус эса анча ортиқ ҳаво ($\alpha_1 > 1$) билан ишлайди.

ТГМ-96 қозонида ўтказилган тажрибалар шуни кўрсатдики, табиий газни ёққанда азот оксидларини генерацияланиши деярли икки мартага камайган. Мазутни ёқишда пастки яруслардаги горелкаларда ортиқча ҳаво миқдорини 1 дан камайиши натижасида азот оксидларининг генерацияланиши 25% га камайган. Мазутда ишлайдиган бошқа қозонларда ёқилғини икки поғонали ёқиш натижасида азот оксидларини генерацияланиши 35% гача камайган.

Японияда икки поғонали ёқишда битта блокнинг ўзида азот оксидларининг камайиши 41-49% га, бошқасида 36-43% ни ташкил этган, тутун газларини рециркуляция қилиши усулини ва ёқилғини икки поғонали ёқиш усулини биргаликда қўллаганилганда мос равишда 53-56% ва 63-65% ни ташкил этган. Сўнги олиб борилган тадқиқот ишлари ва тажриба натижаларини амалиётган жорий этиш натижасида газни ва мазутни икки поғонали ёқишда азот оксидларини ҳосил бўлиши мос равишда 50-54% ва 36% га камайган.

Шундай қилиб ёқилғини икки поғонали ёқиш усули энг асосий усул ҳисобланади ва уни амалга ошириш учун қозонни реконструкция қилиш шарт эмас.



2.3-расм. Ёқилғи икки поғонада ёқиладиган ўтхона схемаси.

1-ўтхона камераси; 2-горелка, ундан ёқилғининг ҳамма қисми ва ҳавонинг назарий зарур бўлган ҳавонинг 85% қисми узатилади; 3-шлицалар, улар орқали назарий зарур бўлган ҳавонинг 21% қисми узатилади.

2.1 ва 2.2-жадвалларда азот оксидларини камайтириш учун ёқилғини икки поғонали ёқиш ва тутун газларини рециркуляция қилиш усулини биргаликда қўлланилгандаги маълумотлар келтирилган.

Икки поғонали ёқишда NO_x чиқиндиларининг камайиши

Қозон қуввати, МВт	C_{NO_x} , г/м ³		$(C_{\text{NO}_x} / C_{\text{NO}_2}) \cdot 100\%$
	Нормал режим	Икки поғонали ёқиш	
Табийй газ (горелкалар тангенциал жойлашган)			
78	0,28	0,14	50
160	0,55	0,23	42
230	0,40	0,18	45
250	0,64	0,17	27
418	0,49	0,28	57
Мазут			
78	0,64	0,41	64
160	1,20	0,80	67
160	0,66	0,40	67
180	0,58	0,26	45
378	0,40	0,32	80
400	0,34	0,22	65
Кўмир (ҳаво ва чанг машъаланинг юқори қисмига икки босқичда узатилади)			
100	0,70	0,28	40
170	0,94	0,47	50
215	0,78	0,40	51
250	0,92	0,64	70
250	0,70	0,34	48
265	1,04	0,70	67
565	0,84	0,69	83

2.3-жадвал.

Табиий газда ишловчи қозонларда турли хил усулларни қўллаш билан NO_x чиқиндиларини камайиши

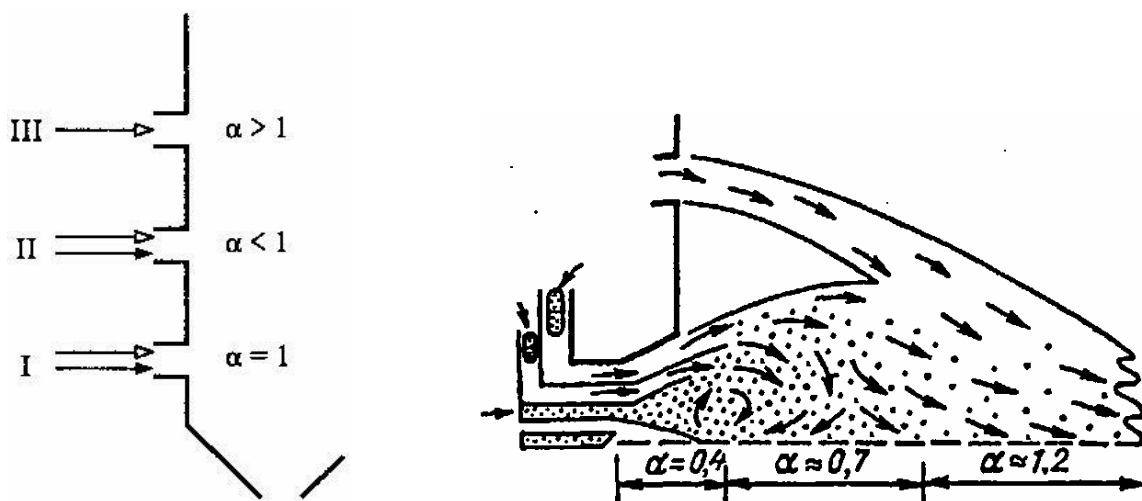
Д, т/с	Чиқиндиларни камайтириш усуллари	C_{NO_x} , г/м ³		NO_x чиқишининг камайиши
		Дастлабки	Охирги	
600	Икки поғонали ёқиш	0,95	0,36	62
100	Ўтхона газларининг 20% ини рециркуляция қилиш	0,70	0,30	57

Ёқилғини уч поғонали ёқиш.

Ёқилғини поғонали ёқиш усулларининг ичида уч поғонали ёқиш энг яхши самара беради, яъни суюқ шлак бартраф этилувчи қозонларда ва олтингургуртлилиги юқори бўлган ёқилғиларни ёқиш натижасида экран қувурларда энг кам газли коррозия содир бўлади.

Уч поғонали ёқиш усулини қуйидагича ифодалаш мумкин, ўтхона камераси баландлиги бўйича учта зона ташкил этилади. Ўтхонанинг биринчи зонасида (пастки) ёқилғининг асосий миқдори (70-85%) ёқилади, бунда ортиқча ҳаво коэффиценти бирга яқин бўлади. Актив ёниш зонасидан чиқишда ёқилғининг қолган қисми (15-30%) узатилади ва унга мос келувчи ҳаво миқдори умумий ҳаво миқдорининг 0,9-0,95 ни ташкил этади, ўтхонанинг ушбу қисмида муҳитни тикловчи зона ҳосил бўлади, унда чала ёниш маҳсулотлари тикланади ва NO , N_2 лар ҳосил бўлади.

Ушбу зонадан юқорида, ўтхонанинг юқори қисмида қолган чала ёниш маҳсулотларини махсус сопло орқали юқори босим остида узатиладиган учламчи ҳавони узатиш билан ёқиш амалга оширилади (2.4-расм).



2.4-расм. Қозонда ёқилғини уч поғонали ёқишнинг принципиал схемаси.

I-машъала ядросила ёниш зонаси (70-85% ёқилғи); II-ёқилғини ёниш зонаси ва NO_x нинг тикланиши; III-чала ёниш маҳсулотларини ёқиш зонаси.

→ - ҳаво; → - ёқилғи.

Ёқилғини поғонали ёқишда азот оксидларининг камайиши ўртача куйидагиларни ташкил этади: кўмирни ёққанда-40% гача, мазутни ёққанда-35% гача, табиий газни ёққанда-45% гача. Қозон ўтхонасида ёқилғини поғонали ёқиш усулидан фойдаланиш қозоннинг техник-иқтисодий кўрсаткичларини пасайишига олиб келади. Ўтхона камерасидан чиқаётган ортиқча ҳаво миқдори ортади ва бунинг натижасида газларнинг ўтхонадан чиқишдаги ҳарорати ўртача $4-5^{\circ}\text{C}$ ни ташкил этад, қозоннинг ФИК 0,2-0,5% га камаяди. Бундан ташқари эҳтиёжлар учун электр энергия сарфи ортади, бу эса қозоннинг нетто ФИК ни қўшимча 0,1-0,8% га камайишига олиб келади.

2.3. Азот оксидлари кам чиқувчи горелкаларни қўллаш.

Икки поғонали ёниш тизими учун ёки ўтхона камерасида узун машъалани ҳосил қилиш учун ушбу ёқиш усулини қўллаш азот оксидларини анчагина камайтиради.

Ҳозирги кунда ҳаво оқимини жадал гирдоблантирувчили турбулент горелкаларни кенг қўлланилиши натижасида ёқиш жараёнини жадал амалга

ошиши ҳисобига ёниш маҳсулотларида азот оксидларининг концентрациясини оширади.

NO_x миқдори кам чиқувчи горелкаларнинг жуда кўп вариантлари яратилган, уларда ҳаво поғонали узатилади (2.5-расм). Бундай горелкаларнинг ишлаш принципи қуйидагича. Машъала ядросига ёқилғини тўла ёниш учун етарли бўлмаган миқдорда ҳаво узатилади, шу вақтнинг ўзида ёнишнинг ташқи зонасига ёқилғини тўла ёниши учун зарур бўлган ҳавонинг ортиқча миқдори узатилади. Бундан ташқари горелкаларнинг конструкциялари ёниш зонасининг ички қисмида ҳавони рециркуляция қилишга мўлжалланган.

Бундай горелкаларни қўллаш кўмирда ишлайдиган қозонларда азот оксидларини 50% гача, газ ва мазутли қозонларда 60% гача камайишини таъминлайди, қозоннинг техник-иқтисодий кўрсаткичларини туширмайди.



2.5-расм. NO_x миқдори кам чиқувчи чанг кўмирли горелкаларни принципиал схемалари.

1-бирламчи ҳаво; 2-чанг ҳаволи аралашма; 3-иккиламчи ҳаво; 4-учламчи ҳаво (α -ортиқча ҳаво)

2.6, а-расмда ҳавони ўқий ва уюрмали узатувчили горелкалар тасвирланган. Ушбу горелкада олиб борилган тадқиқотлар шуни кўрсатдики, ҳавонинг бир қисмини ички қувур бўйича узатишни 40% гача ортиши азот оксидлари ҳосил бўлишини 40% га камайтиради. Ўтхона томонида узатилган

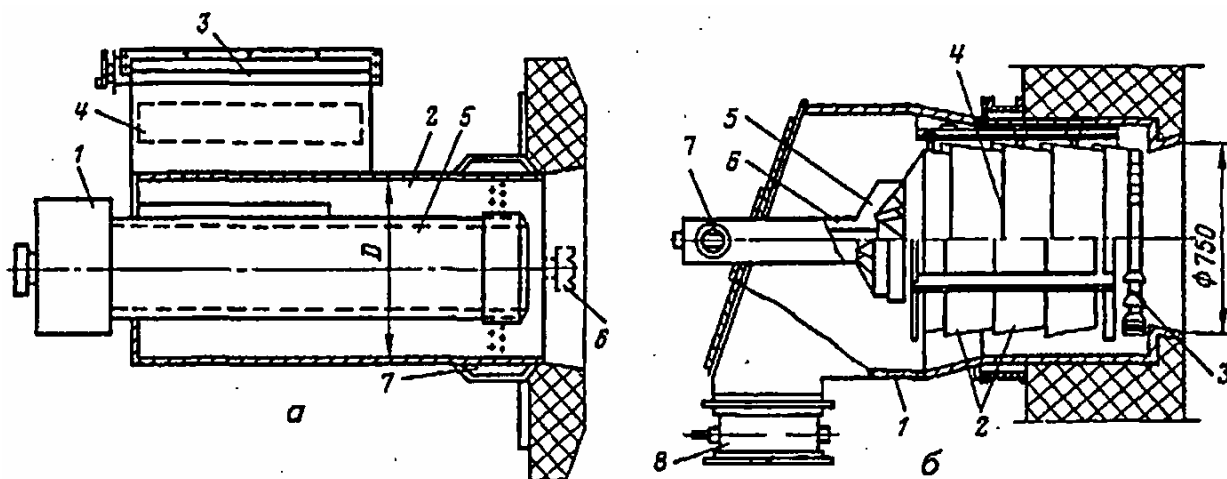
бирламчи ҳаво ёнишнинг бошланғич босқичида иштирок этмайди ва ёқилғини икки поғонали ёқиш амалга оширилади.

Ўтхона қурилмаларининг горелкаларини турларидан бири ўтхона олди камералари бўлиб, уларда ёқилғини икки поғонали ёқиш амалга оширилади (2.6, б-расм). Горелка қувур-камерага эга бўлиб, алоҳида обечайкалардан тақил топган ва уларнинг орасида ҳаво ўтиши учун тирқишлар ўрнатилган.

Горелкага газ коллектор бўйича киритилади ва ёниш камерасига конуссимон насадка орқали узатилади. Мазутли форсунка газ коллекторининг ичида жойлаштирилган. Обечайкалар орасидаги тирқишлар орқали ва куракчали ротор орқали камеранинг ён томонига ёқилғини ёниши учун зарур бўлган 60% ҳаво узатилади. Ўтхона камерасида газлаштириш маҳсулотлари CO ва H_2 ни ёқиш амалга оширилади. Қувур-камераси деворининг ҳарорати $400-700^{\circ}C$ оралиғида бўлади.

Буғ унумдорлиги 270 т/с бўлган қозонларда азот оксидларининг концентрацияси 0,2-0,3 мг/м³ даражасида бўлиши керак, унинг ўрнига уюрмали горелкалар билан жиҳозланган худди шундай қозонларда 0,3-0,49 г/м³ оралиғида.

Ёқилғини икки поғонали ёқишдан фойдаланишнинг кейинги қадами ПТВМ туридаги қозонлар учун горелкаларни ишлаб чиқишдан иборатдир. ПТВМ-50, ПТВМ-100 ва ПТВМ-180 қозонлар ИЭМ да нафақат чўққи қозонлар сифатида, балки қатор саноат корхоналарида ва яшаш мавзеларида иссиқлик таъминоти учун қўлланидиган йирик қозонхоналарда ҳам қўлланилади. Яшаш мавзеларидаги қозонхоналарнинг тутун газлари кўп қаватли биноларнинг томларига яқин баландликда жойлашган қувурлар орқали чиқариб юборилади. Ушбу қозонларнинг кўпчилиги (90-95%) асосан табиий газда ишлайди. Шунинг учун ушбу қозонлардан чиқиб кетаётган тутун газлари билан чиқиб кетаётган азот оксидларини камайтириш чоратадбирларини ишлаб чиқиш зарур. Ушбу қозонлар қиш мавсумида ҳавога ИЭМ нинг умумий азот ташланмаларини 15-25% ини чиқаради.



2.6-расм. Азот оксидлари кам чиқувчили горелкаларнинг схемалари.

а-ҳавони ўқий ва уюрмали узатувчили горелкалар (1-ҳаволи идиш; 2-цилиндрсимон канал; 3-ҳавони тангенциал узатиш; 4-шибер; 5-ҳавони ўқий узатиш; 6-мазутли форсункани ўрнатиш жойи; 7-газли камера); б-ўтхона олди газ мазутли горелка (1-корпус; 2-обечайка; 3-сопло; 4-тирқишлар; 5-куракчалар; 6-коллектор; 7-мазутли форсунка; 8-шибер).

ПТВМ қозонларининг афзалликлари: қозон компоновкасининг вертикал жойлашуви, ҳаво қиздиргичларнинг, тутун сўргичларнинг йўқлиги, шунингдек горелкалар сонининг кўп бўлиши ва улардан ҳар бири алоҳида вентилятор билан таъминланган.

Ураина ФА институти томонидан икки босқичли ёқувчили газ мазутли ГДС-50 горелакалари ишлаб чиқилди. ПТВМ-50 туридаги 8 та қозон ушбу горелкалар билан қайта жиҳозланди. Тадқиқот ишларини олиб бориш учун иккита вариант ишлаб чиқилди: амалда газ камерасидан фойдаланиш (2.7-расм) ва горелкаларни тўлиқ алмаштириш (2.8-расм). Икки босқичли ёқувчили горелкалар ташқи ўлчамлари бўйича завод намунаси билан бир хил. Шунинг учун уларни ўрнатишда горелкалар туйнукларини ва ҳаво ва газ узатиш трактини реконструкция қилиш шарт эмас, қозонни қайта жиҳозлаш кичик ҳаражатлар билан амалга оширилади.

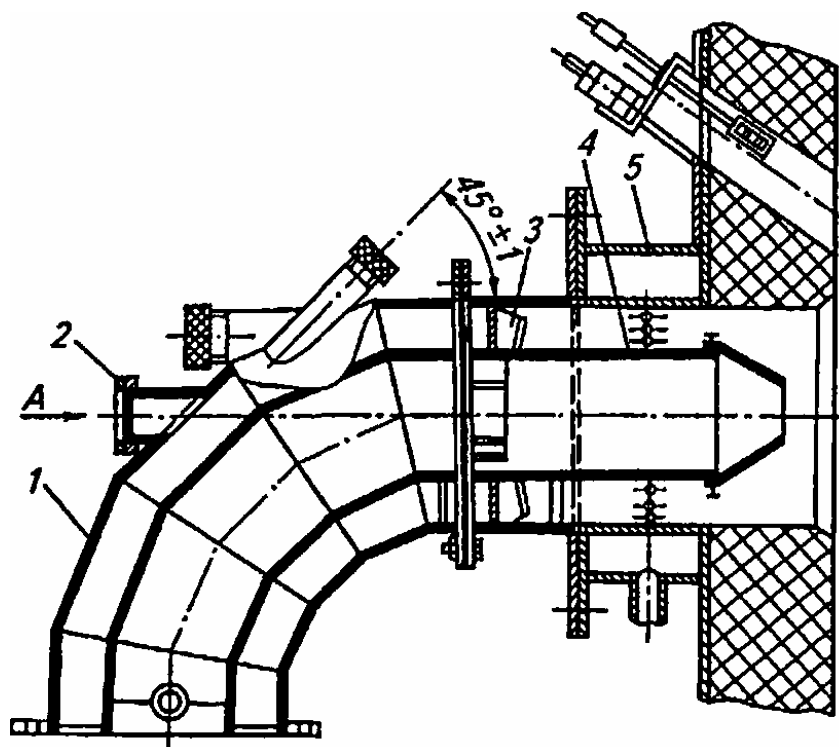
Пуфланадиган ҳаво горелкада бирламчи ва иккиламчи ҳавога ажратилади. Бирламчи ҳаво аксиал куракчали мослама орқали ўтиш

натижасида уюрмавий ҳаракат қилади; иккиламчи ҳаво горелка ўқи бўйича тўғри оқим билан марказий қувур орқали ўтхона камерасига узатилади. Газ камерасидан радиал оқим билан чиқаётган газли ёқилғи бирламчи ҳавонинг уюрмавий оқимига узатилади, у ерда ҳаво билан аралашади ва туйнукдан чиқишда ёнади, бунда ёниш зонасига кам оксидловчи киритилади.

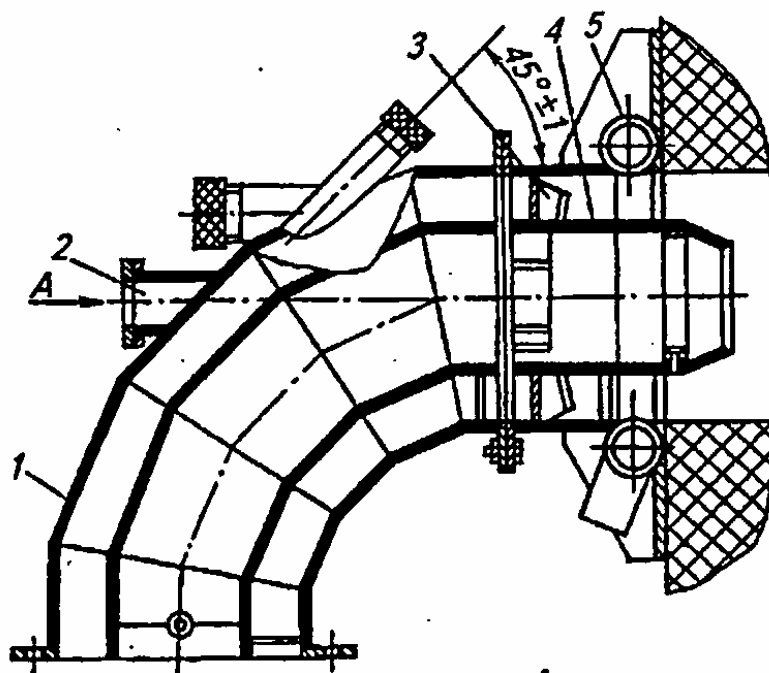
Горелкадан бир қанча масофада иккиламчи ҳаво оқими чала ёниш маҳсулотларини ҳайдайди ва ёнишнинг биринчи босиқичини ҳосил қилади. Ушбу маҳсулотлар ҳавонинг ўқий оқими билан тўқнашиб оксидланади ва иккинчи реакция зонасини ҳосил қилади. Иккиламчи ва бирламчи ҳавонинг нисбати уларнинг трактларини аэродинамик қаршилиқ коэффициентларининг нисбатидан ҳамда иккиламчи ва бирламчи ҳавонинг ўтиш кесимидан аниқланади. ПТВМ-50 қозонларига ўрнатилган икки босқичли ёқувчили горелкаларда иккиламчи ва бирламчи ҳаво нисбати 0,2-0,4 оралиғида бўлади, ушбу нисбатни ўзгариши иккиламчи ҳавонинг марказий ўқий қувурида конфузур насадқасини бор ёки йўқлигига таъсир кўрсатиши мумкин. Газ камераси, горелкалар, туйнук, ҳаво қўллари ва газ қувурлари ўзгармасдан қолади. Шунингдек горелканинг ишлаб чиқилган вариантыда газ камераси ҳалқали турдага айлана кесими шаклида тайёрланади.

Номинал юкламада ва $\alpha=1,2\div 1,4$ бўлганда завод намунасидаги горелкаларда $C_{NO_x} = 300\div 460$ мг/м³ бўлса, икки босқичли ёқувчили горелкаларда $C_{NO_x} = 120\div 175$ мг/м³ бўлади.

Икки босқичли ёқувчи горелкаларни эксплуатация қилиш жуда осон. Уларни қўллаш қозоннинг ФИК ўзгармаганда азот оксидлари концентрацияси номинал режимда 3 марта, 50% ли юклама билан ишлаганда 2-2,2 марта камаяди, туйнукларни ва горелкаларни ишончилиги ва ишлаш вақти узаяди.



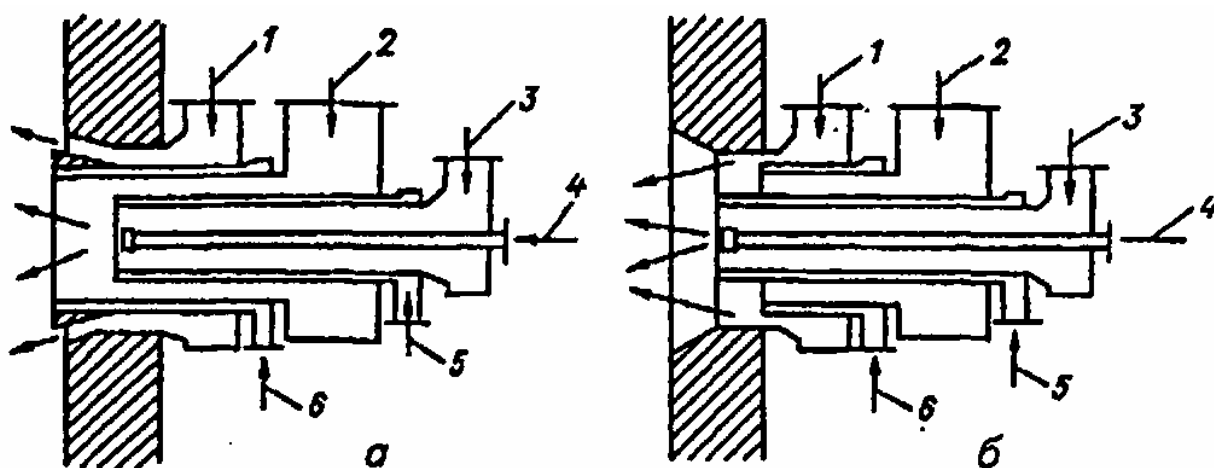
2.7-расм. Завод газ камерасида газни икки босқичли ёқувчи горелка.
 1-хаво йўли тирсаги; 2-мазутли форсунка учун патрубк; 3-куракчали уюрмалантирувчи мослама; 4-иккиламчи ҳавони узатиш учун ўқий қувур; 5-газ камераси.



2.8-расм. Газ камераси модернизацияланган икки босқичли ёқувчи горелка.

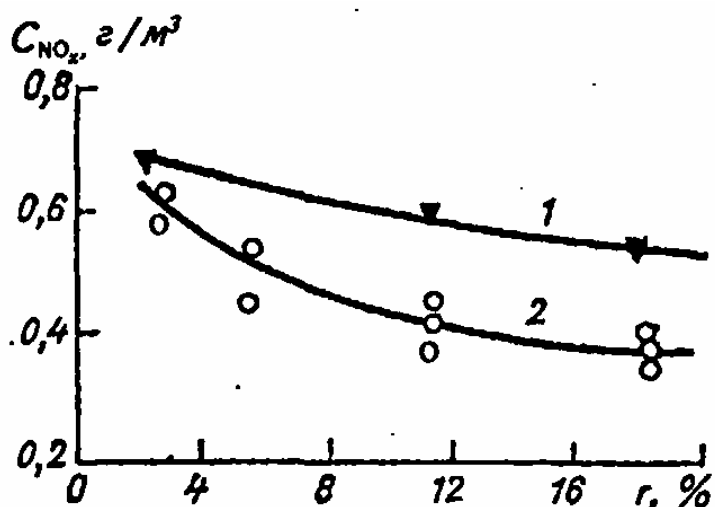
ТГМП-314А қозонлари учун Украина ФА институти рециркуляция газларини горелка орқали узатишнинг иккита серияли схемасини ишлаб чиқди. Биринчи серияда рециркуляция тизимидан фойдаланиб, рециркуляцияланувчи газларни газ мазутли горелканинг ҳалқали канали орқали киритиш усулидир. Горелканинг схемаси 2.9-расмда келтирилган. Тадқиқотлар шуни кўрсатдики, рециркуляциялаш даражасининг ортиши азот оксидларини чиқишига кам таъсир кўрсатади. Ушбу схема орқали узатилганда газлар ҳарорат даражасига кам таъсир кўрсатади. Рециркуляцияланувчи газларни ёниш зонасига таъсирини кучайтириш учун Украина ФА институти горелкаларни реконструкция қилиш кераклигини таъкидлади. Бу куйидагича: рециркуляцияланувчи газлар ва ҳаво оқимини ажратиб турувчи насадкалар олиб ташланади, газни узатиш камераси эса қисқартирилади. Горелка бўшлиғи рециркуляцияланувчи газлар билан ҳаво оқимини дастлабки аралаштирувчи камера билан жиҳозланади, бу рециркуляцияланган газ билан ҳавони аралашмасини бевосита ёниш зонасига узатишни таъминлайди ва ёниш камераси анча жадал совутилади.

Реконструкция қилинган горелкалардан фойдаланиш натижасида иккинчи серия тажрибаларининг натижалари 2.10-расмда келтирилган (2 эгри чизик).



2.9-расм. Қуввати 300 МВт бўлган энергоблокнинг ТГМП-314А қозони горелкасини схемаси: реконструкциягача (а) ва реконструкциядан кейин (б).

1-рециркуляцияланган газлар; 2-иккиламчи ҳаво; 3-бирламчи ҳаво; 4-мазутни узатиш; 5,6-газни узатиш.



2.10-расм. Рециркуляцияланувчи тутун газларини даражасини азот оксидларини чиқишига таъсири.

1-горелкаларни реконструкциялашгача; 2-горелкалар реконструкциялангандан кейин.

Қозон юклама бўйича номинал режимда ишлаганда сув экономайзери олдида ортиқча ҳаво коэффициенти 1,02-1,04 ни ташкил этганда тутун газларини рециркуляциялаш даражаси 2,8 дан 17% гача аўзгаради. Тутун газларини рециркуляцияловчи горелкалар билан реконструкция қилинганда азот оксиди ташланмалари кўп миқдорда камаяди. Рециркуляциялаш даражаси 2,8 дан 17% гача ортиганда тутун газларини таркибидagi азот оксидларини 625 дан 350 мг/м³ гача камаяди, яъни рециркуляция даражаси ортишининг ҳар бир фоизи азот оксидлари чиқишини 3% га камайтиради.

2.4. Машъала ядросига сув ёки сув-мазут эмульсиясини пуркаш.

Машъала ядросига сув ёки сув мазут эмульсиясини пуркаш у ердаги максимал ҳароратни пасайтиради ва азотнинг термик оксидларини ҳосил бўлишига йўл қўймайди. Ушбу усул кенг кўламда метеорологик шароитлардан келиб чиқиб ва зарарли моддаларнинг концентрацияси юқори бўлган туманларда қўлланилади. Қозон ўтхонасига пуркалаётган сувнинг миқдори ёқилғини сарфини 10% ини ташкил этади.

Ушбу усул NO_x ташланмаларини 25% гача камайтиради ва бир вақтнинг ўзида қозоннинг ФИК 0,7% га пасаяди. Агар қозон газлар рециркуляцияланадиган ёки ёқилғини поғонали ёқиш режимида ишлаб турган бўлса, у ҳолда ўтхонага сувни пуркаш жадаллиги камаяди. Айнан шу сабабларга кўра пуркаш усули кенг қўлланилмайди.

Олиб борилган тадқиқотлар шуни кўрсатдики, иссиқлик энергетикаси соҳасида атмосфера хавосини ва сув хавзаларини турли зарарловчи ташланмалардан (NO_x , CO , қурумлар, кўп ядроли углеводородлар, нефть маҳсулотлари ва бошқа зарарли моддалар) ҳимоялашга йўналтирилган технологиялардан бири мазутни сув мазут эмульсияси шаклида ёқиш, шунингдек табиий газни ташлама сув билан биргаликда ўтхонага пуркаш технологиялари ҳисобланади.

Сув мазут эмульсиясини ёқиш усули маълумдир. Ушбу масала бўйича олиб борилган кўп сонли тадқиқотлар шуни кўрсатдики, қуйилган масалаг эришиш учун мазут аралашмаси бир жинсли ва қўшиладиган намлик “сув-мой” турида бўлиши керак, бунда сув дисперс фаза сифатида диаметри бир неча микро метр шаклидаги заррача бўлиб, ёқилғи қопламаси ичида жойлашиши керак. Фақатгина мана шу шароит амалга ошганда ва сув мазут эмульсиясини намлиги 20% гача бўлганда ишончли алангаланиш ва тўлиқ ёниш жараёнини барқарорлиги таъминланади. Эмульсияни ёниш жараёнини самарадорлигини ортиши эмульсия томчилари таркибидаги сув ва мазутнинг қайнаш ҳароратлари турлича бўлганлиги учун мкиро портлаш амалга ошиши

билан характерланади. Эмульсия томчиларининг қўшимча майдаланиши уларни буғланиш жараёнини тезлаштиради ва ёқилғи ва ҳавони аралаштириш жараёни яхшиланади, бунинг натижасида ёниш зонасида сув маҳсулотларнинг мавжудлиги мазутни ёниш жараёнини жадаллаштиради. Талаб этилган намликда, майдалиқда ва қовушқоқликда кондицион сув мазут эмульсиясини тайёрлаш учун-эмульгаторлар қўлланилади.

Қўшимча сув сифатида ташлама сувдан фойдаланиш оловни анчагина қисмини зарарсизлантиришга олиб келади (ташлама сувлар қозонга ёқилғи сарфини 20% ини ташкил этади). Бу ИЭС ёки қозонхонани кам чиқиндили технологияга ўтказишга олиб келади.

Сув мазут эмульсиясини ёқиш азот оксидларини максимал ҳосил бўлиш зонасида ҳарорат даражасини пасайишига олиб келади ва бунинг натижасида тутун газлари таркибидаги азот оксидлари 25-44% гача камаяди. Агар намлик сифатида ташлама сувдан фойдаланмасдан таркибида азот моддалари бўлган эритмалардан фойдаланилса NO_x миқдори кўп ҳосил бўлиши мумкин.

ИНТРЭК (Россия) фирмаси қатор ИЭС лар учун зарарли газсимон ташланмалар миқдорини камайтириш ва мазутланган сувларни тўлиқ утилизациялаш учун технология ишлаб чиққан ва амалга оширган.

ИЭМ-8, ИЭМ-11, ИЭМ-21, ИЭМ-25, ИЭМ-26 ва Загорск АЭС қозонхонасида ўтказилган синов натижаларидан қуйидагилар хулоса қилинди:

1) мазутланган сувлар муаммоси бартараф этилади, бунда ушбу сув дастлаб эмульгаторда қайта ишланади, тайёр бўлган сув мазут эмульсияси бакларда сақланиш вақтида қатламларга ажралмайди;

2) ёқилғини узатиш ишончилиги ортади, шунингдек мазут узатиш қувурларида сувли тикинлар ҳосил бўлмайди;

3) газ ёқишдан мазут ёқишга ўтиш осонлашади;

4) аниқ ишлаб чиқариш шароитига боғлиқ ҳолда NO_x ташланмалари 25-44% гача камаяди;

5) CO ташланмасининг миқдори камаяди.

Ишлаб чиқилган ушбу технология бир томондан нефть маҳсулотлари билан ифлосланган барча оқова сувларни утилизациялашни таъминлайди, бошқа томондан эса газсимон ташланмаларнинг таркибини яхшилайдди.

Ёниш зонасига сув ёки сув буғини узатиш азот оксидларини анчагина камайишига олиб келади. Сув ёки сув буғини умумий ҳаво миқдорини 5-10% и ўлчамида киритиш ўтхонада ҳарорат даражасини бир қанча пасайтиради. Сув ёки сув буғини ўтхонага киритиш ўтхона камерасида ёқилғини ёниш жараёнини анчагина ёмонлаштиради.

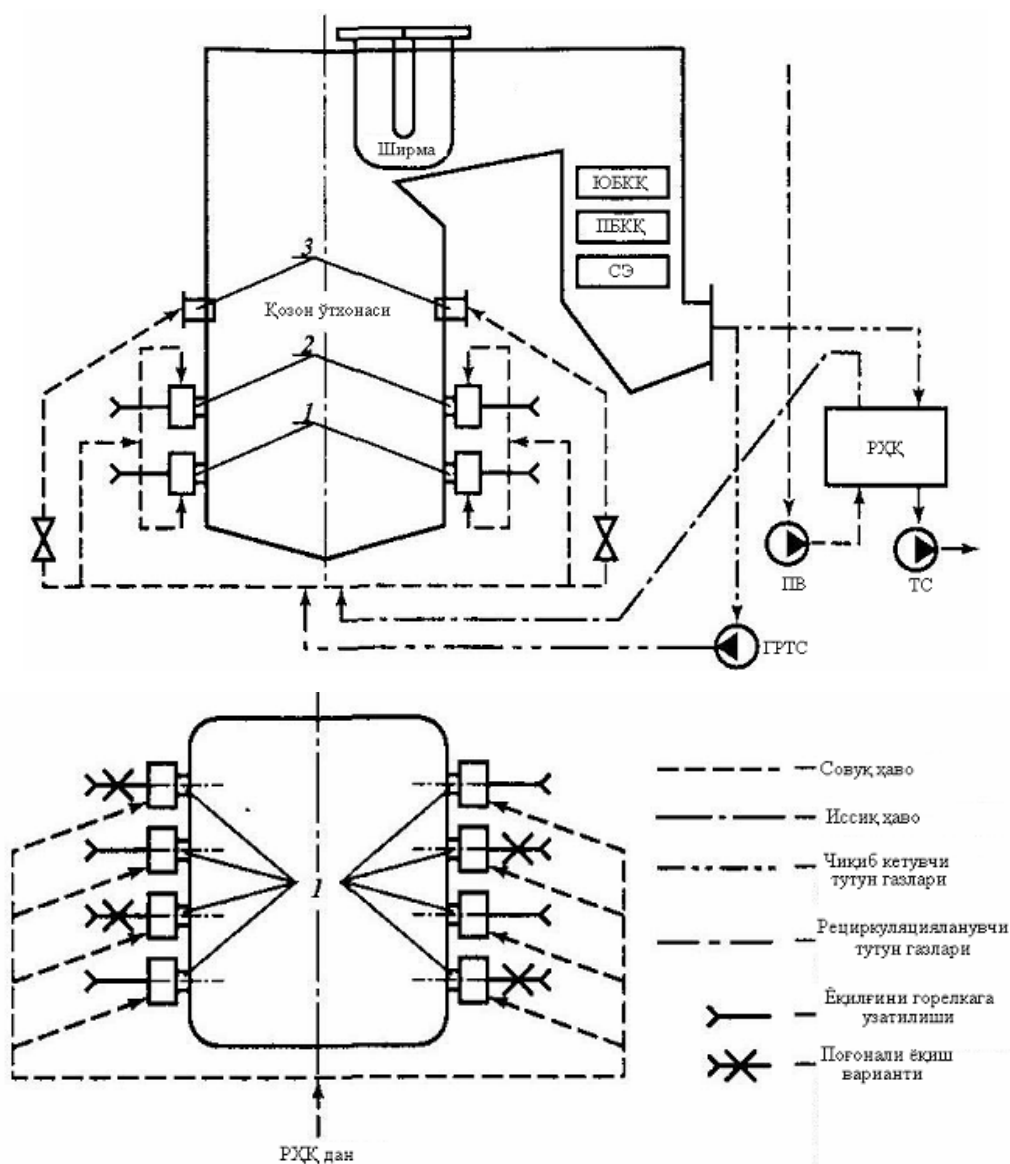
Бундан ташқари азот оксидларини камайитиришнинг бошқа усуллари ҳам мавжуд. Уларга ўтхонада ортиқча ҳавони камайитириш, қизиган ҳавони ҳароратини пасайтириш усуллари киритиш мумкин.

$\alpha=1,03\div 1,07$ гача камайиши натижасида кислород концентрацияси камаяди ва бунга мос равишда C_{NO} миқдори ҳам камаяди. Ушбу усул маълум шароитлардагина қўлланилади, шунингдек ушбу усулдан фақатгина газ ва мазутни ёқишда фойдаланиш мумкин, чунки қаттиқ ёқилғини ёқишда ҳаво миқдорини камайиши механик чалаш ёнишни ортишига олиб келади. Кичик ортиқча ҳаво билан ишлаш шароити ёқилғини ва ҳавони ҳар бир горелкага аниқ дозалаш ва ўтхона камерасининг юқори зичлилиги ҳисобланади.

Ўтхона камерасида ҳарорат кучланишини пасайиши ўтхонада ҳарорат даражасини пасайишига олиб келади, аммо қозоннинг ташқи ўлчамлари ва нархи ошади. Ўтхона камерасини экранлаштириш даражасини ортиши ўтхонада ҳарорат пасайишига олиб келади. Қиздирилган ҳаво ҳароратини пасайтириш усули ҳам кам ҳолларда қўлланилади, шунингдек ушбу ҳолда ҳам ёниш жараёни ёмонлашади ва қозоннинг ФИК ни ошириш учун зарур бўлган чиқиб кетувчи газларни чуқур совутиш жараёни қийинлашади.

Қозоннинг ўтхонасида ёқилғи ёқилганда NO_x ташланмаларининг меъёрига эришиш учун санаб ўтилган усуллардан комплекс фойдаланиш натижасида азот оксидларини ҳосил бўлиши сезиларли даражада камаяди. Газ мазутли қозонларда қуйидаги комплекс усулларни қўллаш мумкин:

- 1) ёқилғини поғонали ёқиш усули билан тутун газларини рециркуляция қилиш усулини биргаликда қўллаш;
- 2) ярим узатувчи горелка қурилмаларини поғонали ёқиш ва тутун газларини рециркуляция қилиш усулини биргаликда қўллаш.



2.11-расм. Юқори қувватли қозонда (ТГМП-314, ТГМП-344) табиий газ ва мазутни поғонали ёқиш ва тутун газларини рециркуляция қилиш усулини биргаликда қўлланилган схемаси.

1-пастки ярус горелкалари; 2-юқори ярус горелкалари; 3-қўшимча ҳавони узатиш; ЮБКҚ-юқори босимли конвектив буғ ўта қиздирдиргич; ПБКҚ-паст босимли буғ ўта қиздиргич; СЭ-сув экономайзери.

2.11-расмда юқори қувватли қозонда (ТГМП-314, ТГМП-344) табиий газ ва мазутни поғонали ёқиш ва тутун газларини рециркуляция қилиш усулини биргаликда қўлланилган схемаси келтирилган. Рециркуляция учун олинаётган газлар, газларни рециркуляция қилувчи тутун сургич ёрдамида сув экономайзеридадан кейинги газ йилидан сўриб олинади ва горелка олдидаги регенератив ҳаво қиздиргич кейинги қоробкада қайноқ ҳаво билан аралашади.

3. Тутун газларини азот оксидларидан тозалаш.

3.1. Тутун газларини азот оксидларидан тозалашнинг комплекс усуллари.

Ҳозирги вақтда қаттиқ ёқилғи ёқилганда NO_x ташланмаларини камайтириш учун қуйидаги комплекс усуллар қўлланилади: махсус горелкаларни қўллаш, кўмир чангини дастлабки қиздириш, юқори концентрацияли чангни узатиш ва ҳоказо. Ушбу усуллардан фойдаланиш натижасида тош кўмир ёқувчи қозонларда NO_x концентрацияси 450-550 мг/м³ ни, қўнғир кўмир ёқувчи қозонларда 300-350 мг/м³ ни ташкил этади.

Юқорида келтирилган маълумотлардан қуйидагича хулоса қилиш мумкин:

1) газ ёқиладиган қозонларда азот оксидлари концентрациясини камайтириш бўйича амалга оширилган усуллар натижасида экологик хавфсиз ИЭС учун талаб этилган концентрацияга (150-200 мг/м³) эга бўлинади;

2) мазут ва қаттиқ ёқилғи ёқиладиган қозонларда NO_x ташланмалари бўйича экологик хавфсиз кўрсаткичларни олиш учун қўшимча чора-тадбирларни амалга ошириш зарур.

3.1-жадвалда азот оксидларини камайтириш бўйича амалга оширилган ишларни чора-тадбирларни маълумотлари келтирилган.

NO _x ни камайтириш усуллари	Қозон тури ва унумдорлиги	Ёқилғи	NO миқдори, мг/м ³		Усуллар амалга оширилган ИЭС
			Дастлабки	Кейинги	
Тутун газларини рециркуляция қилиш ва NO _x кам чиқувчи горелкаларни қўллаш	Буғли, 670	Газ, мазут	325 510	120 250	Шатурск ИЭС, ТМ-104 қозони
Ёқилғини икки поғонали ёқиш	Буғли, 420	Газ, мазут	250 425	140 240	ИЭМ-9, ТГМ-84
Ёқилғини уч поғонали ёқиш	Буғли, 480	Газ, мазут	470 370	230 220	ИЭМ-8, ТГМ-96Б
Икки поғонали ёқиш, тутун газларини рециркуляция қилиши, 10% сув пуркаш	Буғли, 2650	Газ	1200	160	Сургутск ИЭС, ТГМП-204
Горелкадан олдин ҳаво йўлига тутун газларини рециркуляция қилиш	Сув қиздирувчи	Газ, мазут	220 400	50 150	ИЭМ-21, 23 ва 25 КВГМ-180
Тутун газларини рециркуляция қилиш, ёқилғини поғонали ёқиш	Буғли, 950	Газ, мазут	1500 1320	140 210	ИЭМ-26 ТГМП-344А

Ярим узатувчи горелкалардан фойдаланиш, тутун газларини рециркуляциялаш, поғонали ёқиш	Буғли, 950	Газ, мазут	1500 1320	110 250	ИЭМ-25 ТГМП- 344А
Ёқилғини қайта гақсимлаб ёқилғини поғонали ёқиш, тутун газларини рециркуляция қилиш	Буғли, 3950	Газ	1500	300	Костромск ИЭС, 1200 МВт ли блок қозони, ТГМП-1202

Қозон ўтхонасидан чиқаётган NO_x ташланмаларини камайтириш бўйича амалга оширилган чора-тадбирлар ва табиий газри ёққанда NO_x ни камайтириш бўйича кам ҳаражатли усуллардан кенг фойдаланилади. Ёқилғини чала ёниш натижасида ис газини CO , углеводородлар CH_4 , C_2H_6 шунингдек канцероген моддалар ҳосил бўлади. Ёқилғини чала ёниш маҳсулотлари жуда захарлидир. Ёқилғини чала ёниш натижасида ҳосил бўладиган канцероген моддаларни ўрганиш муаммолари ҳозирги кунда мутахассислар олдида турган жиддий муаммолардан биридир. Ушбу турдаги кимёвий моддалардан энг кўп тарқалгани ва энг кучли таъсир этувчилари ярим цикли ароматик углеводородлар ва улардан энг фаоли бензапирен $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$ ҳисобланади. Ўтхонада ҳосил бўлаётган бензапиреннинг максимал миқдори ёқилғини ёқиш учун ҳаво етарли бўлмаган шароитда $700-800^\circ\text{C}$ ҳароратда ҳосил бўлади.

Чангсимон ёқилғини камерали ёқишда ушбу моддаларнинг тутун газлари таркибидаги миқдори $4,2 \text{ мкг}/100 \text{ м}^3$ ни ташкил этади. Мазут ва газсимон ёқилғида ишлайдиган қозонларнинг ташламаларида

канцерогенларнинг концентрацияси тахминан бир хил бўлади. Ёниш жараёнини нотўғри амалга оширилиши ёки ўтхонанинг конструкцияси яхши бўлмаса бензапирен ташламасинининг миқдори сезиларли даражада ортади: мазутда ишлаганда 50 марта ва газда ишлаганда 10 марта.

3.2. Тутун газларини азот оксидларидан тозалашнинг селектив усуллари.

Саноат корхоналари кўп бўлган шаҳарда энергетика ва саноатни ривожланиши натижасида азот оксидларининг ўртача концентрацияси ЧРЭЖ га яқиндир, бу эса тутун газларини азот оксидларидан тозалаш усулларини излаб топиш зарурлигини билдиради. Ҳозирги кунда газларни азот оксидларидан тозалашнинг турли усуллари мавжуддир. И.Е. Кузнецов ушбу усулларни учта йирику гуруҳга ажратади:

а) оксидловчи, турли хил ютувчилар ёрдамида аста-секин ютилиш натижасида азот оксидини азот икки оксидига оксидаланишига асосланади;

б) тикловчи, катализаторларни қўллаб азот оксидларини азотгача ва кислородгача тиклашга асосланган;

в) оксидларни турли хил сорбентлар ёрдамида ютилишига асосланган.

Тутун газларини азот оксидларидан тозалашда тиклаш усуллари кенг қўлланилади. Тутун газларини тиклаш усули билан тозалаш қийин масала ҳисобланиб қуйидаги ҳолатлар билан боғлиқдир: 1) тутун газларида катализаторни ифлословчи ва зарарловчи кул ва оксидларнинг бўлиши; 2) кул ушлаш тизими билан солиштирилганда катализаторда газларнинг ҳароратини юқори бўлиши (одатда 400°C).

Иссиқлик энергетикаси амалиётида тутун газларини азот оксидларидан тозалашнинг иккита йўналиши мавжуд: азот оксидларини селектив нокаталитик тиклаш (СНТ-жараёни) ва азот оксидларини селектив каталитик тиклаш (СКТ-жараёни). Тикловчилар сифатида аммиак ва аммиак ажралиши

билан энгил ажралиш қобилиятига эга бўлган кимёвий бирикмалар қўлланилади.

3.2-жадвалда СНТ-жараёида фойдаланиш мумкин бўлган бир нечта азот таркибли бирикмаларнинг физик-кимёвий хусусиятлари келтирилган. 3.2-жадвалда келтирилган моддаларни аммиак ва аммиак сувлари билан солиштирилганда асосий афзалликлари заҳарлилигининг жуда кичиклиги ҳисобланади.

3.2-жадвал.

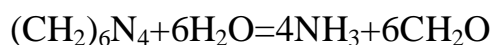
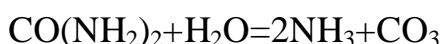
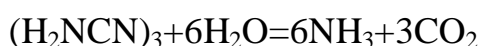
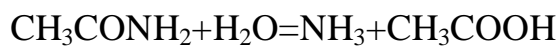
Бир қанча азот таркибли бирикмаларнинг физик-кимёвий хусусиятлари.

Моддалар	Кимёвий формуласи	Молекуляр массаси	100 г сувда эрувчанлиги, %	Ҳарорат, °С			1 т NO _x га реагентнинг минимал сарфи, кг
				Эриш	қайнаш	Ажралиш	
Ацстамид	CH ₃ CONH ₂	59,07	133,9	81	-	-	1305
Мсламин	(H ₂ NCN) ₃	126,13	0,5	364	-	354	457
Моноэтанол-амин	НОС ₂ Н ₄ НН ₂	61,08	Чегараланмаган	10,6	170-171	-	1324
Мочевина (карбамид)	СО(НН ₂) ₂	60,06	51,8	132,7	-	150	652
Циан кислота	(HNCO) ₃	129	2,7	360	-	360	935
Уротропин	(CH ₂) ₆ N ₄	140,19	81,3	-	-	280	762
1 т NO _x га камида 370 кг аммиак сарфланади; 25-ли аммиакли сув 1 т NO _x га 1480 кг ни ташкил этади.							

Азот таркибли бирикмаларни қўллаш қийинчилиги дозалаш ва реагентларни қозонга узатиш тизимини лойиҳалашда билинади. Аммиак ва моноэтанолламиндан фарқли равишда 3.2-жадвалда келтирилган реагентлар газсимон ҳолатга ўтмайди, улар эриш ҳароратида ажралишни бошлайди ва эриш ҳарорати юқори бўлган юқори молекулали бирикмалар ҳосил бўлади.

Ушбу сабабларга боғлиқ ҳолда реагент буғлари, ҳаво ёки тутун газлари билан аралаштирилган технологик схемаларда аммиакдан фойдаланишга рухсат этилмайди.

Ушбу барча реагентлар қозоннинг ҳарорат соҳасига мос равишда сувли эритмалар ёки суспензия шаклида киритилади. Ушбу реагентлардан фойдаланилганда азот тозалашда амалга ошадиган реакция механизмлари анчагина қийин ҳамда термолиз ва гидролиз реакцияларини ҳисобга олган ҳолда ифодаланиши мумкин. Фойдаланиладиган реагент миқдорини баҳолаш учун азот оксидини тикланишини киритиш мумкин, яъни реагентларни гидролизланиши ва ажралаши натижасида ҳосил бўладиган аммиак билан ўзаро таъсирлашуви натижасида амалга ошади.



3.2-жадвалда 1 т нейтралланган NO_x га реагентларнинг минимал сарфи келтирилган (100% селективлик). Ушбу маълумотлардан кўришиб турибдики, аммиакдан фойдаланишга қараганда барча санаб ўтилган реагентларнинг солиштирма сарфи анчагина юқори. Энг кам миқдорда меламин сарфланади.

Нокаталик тизимлар жуда содда, самарадорлиги эса жуда юқори: азот оксидлари ташланмалари 40-60% гача камаяди. Аммиак (аммиакли сув, карбамид) қозоннинг юқори ҳароратли ($900-1000^\circ\text{C}$) газ йўли соҳасига рециркуляцияланувчи газлар, ҳаво ёки буғ билан киритилади. Кўмирни ёқишда СНТ усули билан азот оксидларини камайтиришнинг бошқа усулларини биргаликда қўллаш тутун газлари таркибидаги азот оксидларини концентрациясини 300 мг/м^3 гача камайтиради.

Европа, АҚШ ва Япония мамлакатларида СКТ ва СНТ тизимлари йирик кўмирда ишловчи энергоблокларда жуда кенг қўлланилади. Ҳозирги

кунда ушбу иккита технологияни бирлаштириш асосий масала ҳисобланади. Ушбу жараён қуйидаги схема бўйича амалга оширилиши мумкин: аммиак ёки мочевинани юқори ҳароратли зонага узатиш қисман NO_x нинг тикланишига ва тутун газларида аммиак миқдорини ортишига олиб келади. Газ йўлларида кичик миқдорда катализаторларни қўшилиши ва аммиакни ҳисобига NO_x қўшимча тикланишига эришиш мумкин. Ушбу ҳолда катализатор ҳаво қиздиргичнинг юзасида жойлаштирилади.

СНТ тизимида СКТ билан солиштирилганда катта инвестицион харажатлар керак эмас, аммо тозалашнинг ушбу тизимини самарадорлиги нисбатан паст. СНТ ёрдамида ва СКТ ёрдамида NO_x ташланмаларини 5-10 марта камайтириш мумкин.

СНТ тизимини амалиётда ташкил этиш қатор қийинчиликлар туғдиради:

1) газ йўлларида бутун кесими бўйича тутун газларини оптимал ҳароратини таъминлаш мумкин эмас;

2) қозоннинг юқламаси ўзгарганда реакцион зонада ҳарорат ўзгаришини олдини олиб бўлмайди;

3) реакция амалга ошиши учун зарур бўлган вақтни таъминлаш учун реакцион зонанинг масофаси етарли эмас;

4) доимо NH_3/NO_x нисбати оптимал бўлишини таъминлаш учун газ йўли кесими бўйича аммиакни тақсимлаш мумкин эмас.

Демак, тозалашнинг самарадорлиги қозоннинг конструктив хусусиятларига ва ўлчамларига боғлиқ.

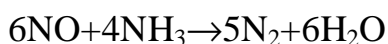
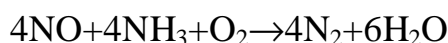
СНТ технологияси бўйича Фарбий Европада 20 дан ортиқ, АҚШ да 100 дан ортиқ ва Россиянинг Тольяттинск ИЭМ ида 2 та қурилмалар эксплуатация қилинган. СКТ технологияси бўйича дунёда 300 дан ортиқ қурилма ишлайди.

NO_x ни каталитик тиклаш тизими кучли буғ қозонларининг тутун газларидан чиқиб кетаётган азот оксидларини камайтиришнинг энг

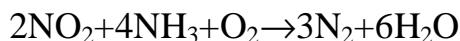
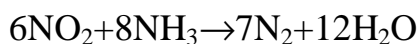
самарадор усули ҳисобланади. Ушбу технология чет элда DENOX технология деб ном олган.

Маълумки чиқиб кетувчи газларнинг таркибида кўп миқдорда турли хил кимёвий бирикмалар мавжуд. Каталитик тиклаш тизими қуйидагига асосланган, яъни газ оқимида киритилаётган кимёвий реагент NO_x билан яхши таъсирлашади. Чиқиб кетувчи газлардаги NO_x миқдорини камайтириш учун аммиак яхши ҳисобланади. Аммо аммиакнинг NO ва NO_2 билан кимёвий реакцияси анча юқори ҳароратларда ($900-1000^\circ\text{C}$) амалга оширилади.

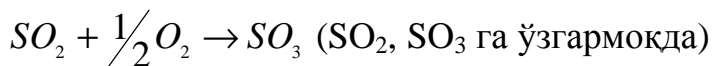
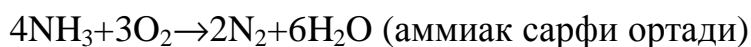
Ҳароратни пасайтириш учун катализаторлар қўлланилади. Азот монооксиди NO билан бўладиган реакция катализаторнинг юзасида амалга ошади ва қуйидаги кўринишни олади:



Қозоннинг чиқиб кетувчи газлари таркибидаги азот икки оксиди аммиак билан қуйидагича реакцияга киришади:



Ушбу реакциялардан ташқари катализаторда қуйидаги реакциялар ҳосил бўлади:



Катализаторларга қуйидаги талаблар қуйилади:

- 1) ҳароратнинг кенг қўламларида NO_x ни N_2 га фаол тикланишини юқорилиги;
- 2) NO_x бўйича юқори юқори қобилятлилик;
- 3) олтингугурт оксидлари билан реакцияга киришишда кам фаоллик;
- 4) қаттиқ заррачалар ва ифлосликлар билан эскиришга чидамлик;
- 5) узоқ муддатли ресурс.

Ушбу талабларни қуйидаги материаллар қониқтиради: 1) ғовк шаклдаги титан, алюминий ёки кремний оксидлари; 2) ванадий, молибден, вольфрам оксиди аралашмалари, шунингдек қатор бошқа металллар.

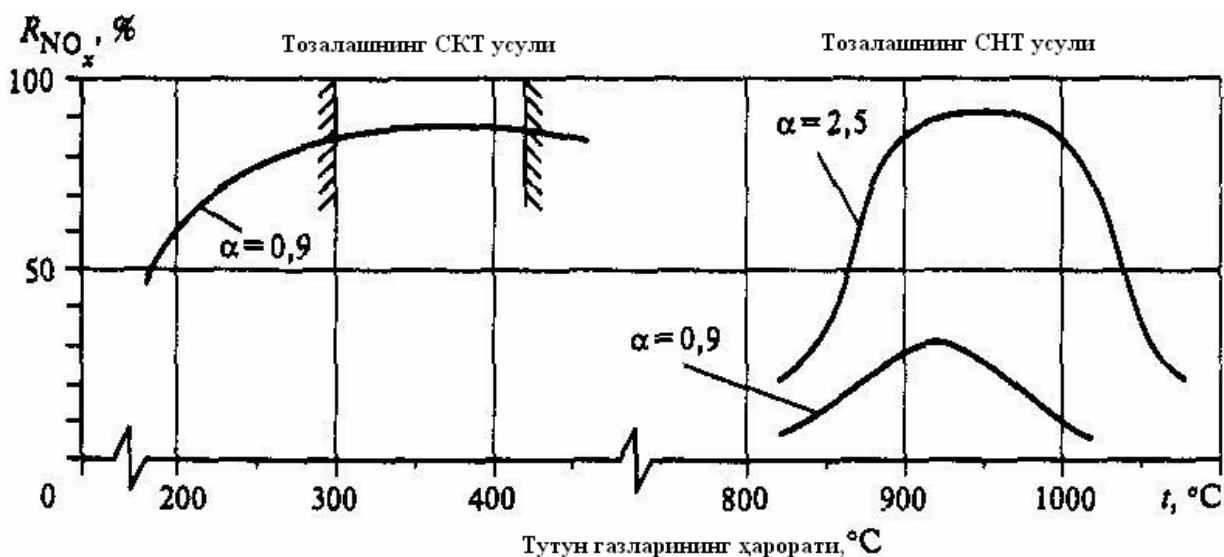
СКТ усулини амалга оширувчи қурилмалар газларнинг ҳарорати 340-380⁰С оралиғида максимал самарадорликка эга бўлиши керак. Тутун газларининг ҳарорати 340⁰С дан паст бўлганда кераксиз реакциянинг жадаллиги ортади. Ҳарорат 450⁰С ва ундан юқори бўлганда каталлизаторларнинг ишлаш самарадорлиги сезиларли даражада камаяди.

Тутун газларини тозалаш самараси тозалаш даражаси билан характерланади ва қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$R_{NO_x} = [(C_{NO_x}^{\text{ёёё}} - \tilde{N}_{NO_x}^{\text{ёёё}}) / C_{NO_x}^{\text{ёёё}}] \cdot 100\%$$

бу ерда $C_{NO_x}^{\text{ёёё}}$ ва $C_{NO_x}^{\text{ёёё}}$ -NO_x нинг каталлизаторга киришдаги ва ундан чиқишдаги концентрацияси.

3.1-расмда СКТ ва СНТ қурилмаларда тутун газларини тозаланиш даражасини тутун газларини ҳароратига ва аммиакнинг ортиқлигига боғлиқлиги. Эгри чизиқлар α нинг турли қийматларига мос келади.



3.1-расм. СКТ ва СНТ қурилмада тутун газларини азот оксидларидан тозалаш даражасини тутун газларининг ҳароратига боғлиқлиги (α-NH₃ ва NO_x ларнинг молли нисбати).

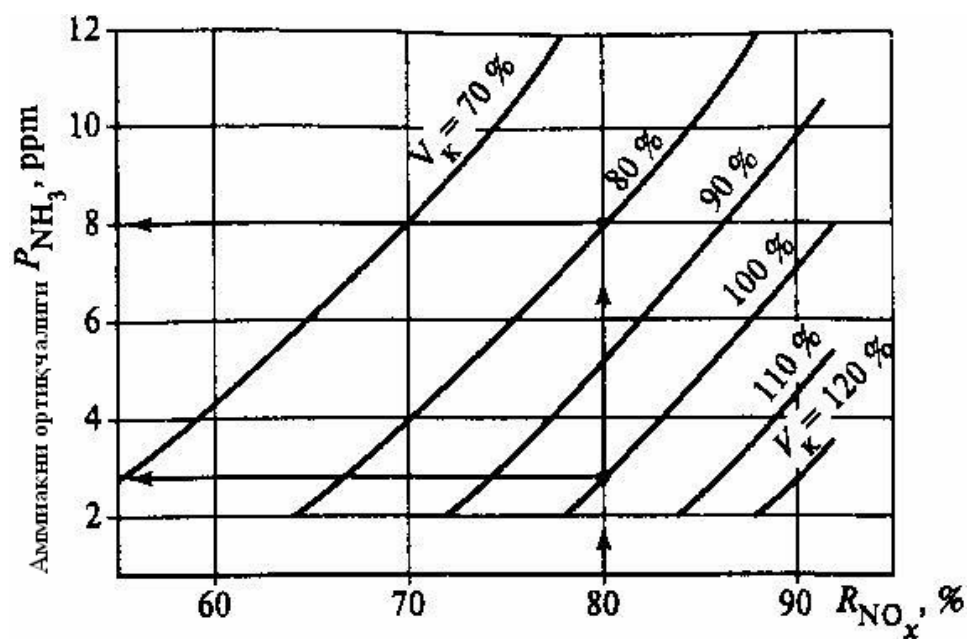
3.1-расмдан кўриниб турибдики, СКТ қурилмада ҳам, СНТ қурилмада ҳам тутун газларини тозаланганлик даражаси 90% га етади, аммо ушбу қурилмалар бир-биридан аммиакнинг сарфи билан тубдан фарқ қилади. Агар СКТ қурилмада моллар нисбати $\alpha=0,9$ бўлганда тозалик даражаси 90% га етса, аммиак кам миқдорда дозалангани, у ҳолда СНТ қурилмада ушбу самарадорлик $\alpha=2,5$ бўлганда тозалик даражаси 90% га етади, бунга аммиак жуда кўп сарфланади.

Назарий томондан СКТ қурилмани самарадорлиги янада ошириш учун аммиакнинг сарфини ошириш зарур. Бунда хавфлилик ортади ҳамда катализатордан кейин ва чиқиб кетувчи газларда NH_3 нинг концентрацияси ортиб кетади.

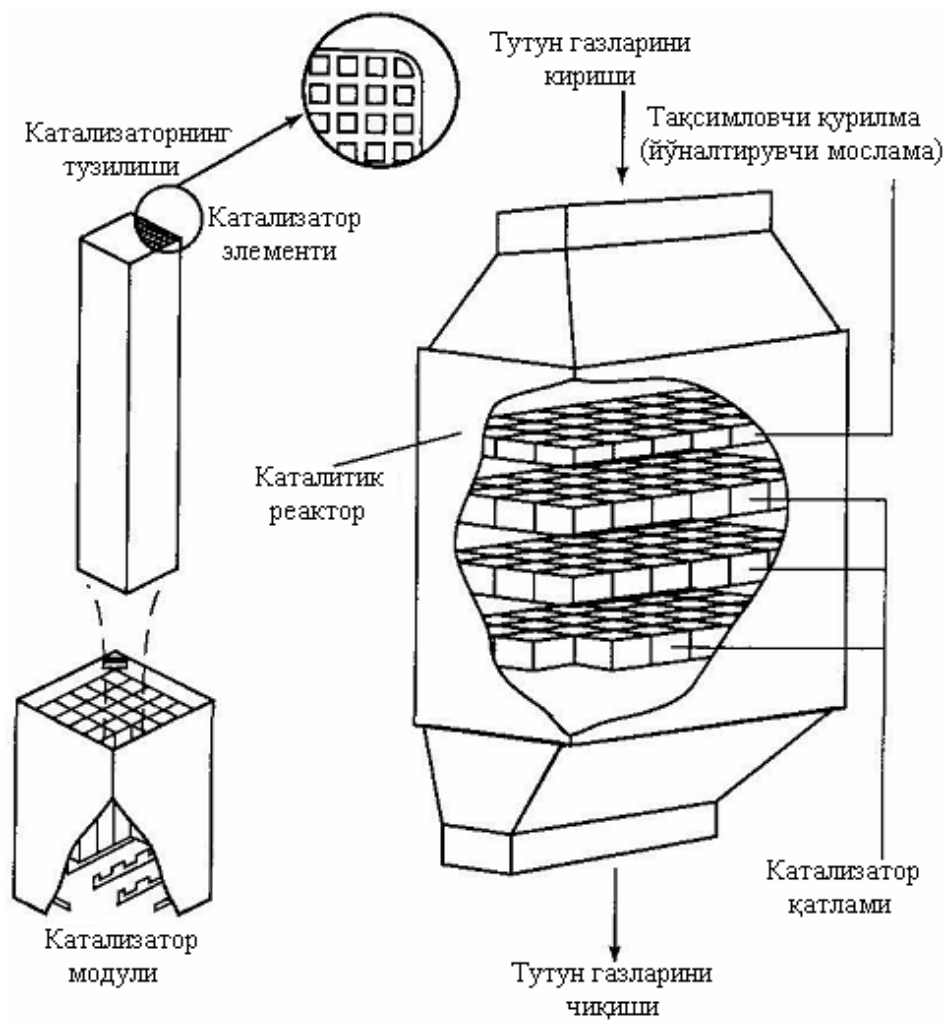
Катализаторларни тайёрловчи фирмаларни маълумотлари бўйича учта ўзаро боғлиқ бўлган характеристикалар мавжуд бўлиб, улар 3.2-рамда келтирилган:

- 1) газларни тозалаш даражаси (тутун газлари таркибидаги NO_x концентрациясини камайтириш);
- 2) NH_3 ортиқ кетиши (қурилмадан чиқаётган аммиак миқдори);
- 3) катализатор ҳажми.

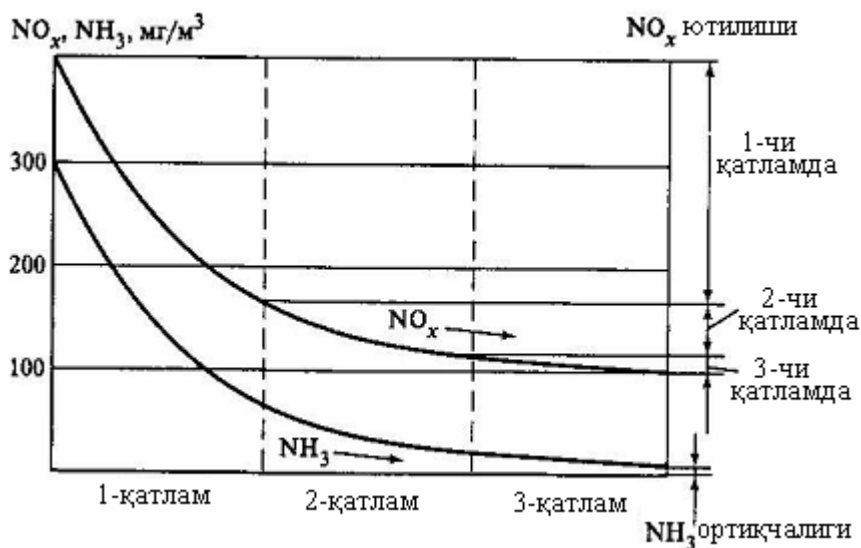
Ушбу характеристикаларнинг ўзаро боғлиқлиги 3.2-расмда келтирилган (Steinmuller фирмаси маълумотлар, Германия). 3.2-расмдан кўриниб турибдики, тутун газларини NO_x дан тозалаш даражаси бир хил бўлишига эришиш NH_3 аммиакнинг миқдори кам бўлганда ва катализаторнинг ҳажми катта бўлганда ҳамда NH_3 аммиакнинг миқдори кўп бўлганда ва катализаторнинг ҳажми кичик бўлганда амалга ошириш мумкин. Газларнинг тозалик даражаси 80-85% оралиғида бўлганда аммиакни сарфини ортиқчалиги ва катализатор ҳажми орасидаги боғлиқлик деярли чизиқлидир.



3.2-расм. Катализаторнинг асосий харақтеристикаларини боғлиқлиги.



3.3-расм. Катализатор қурилмаси.

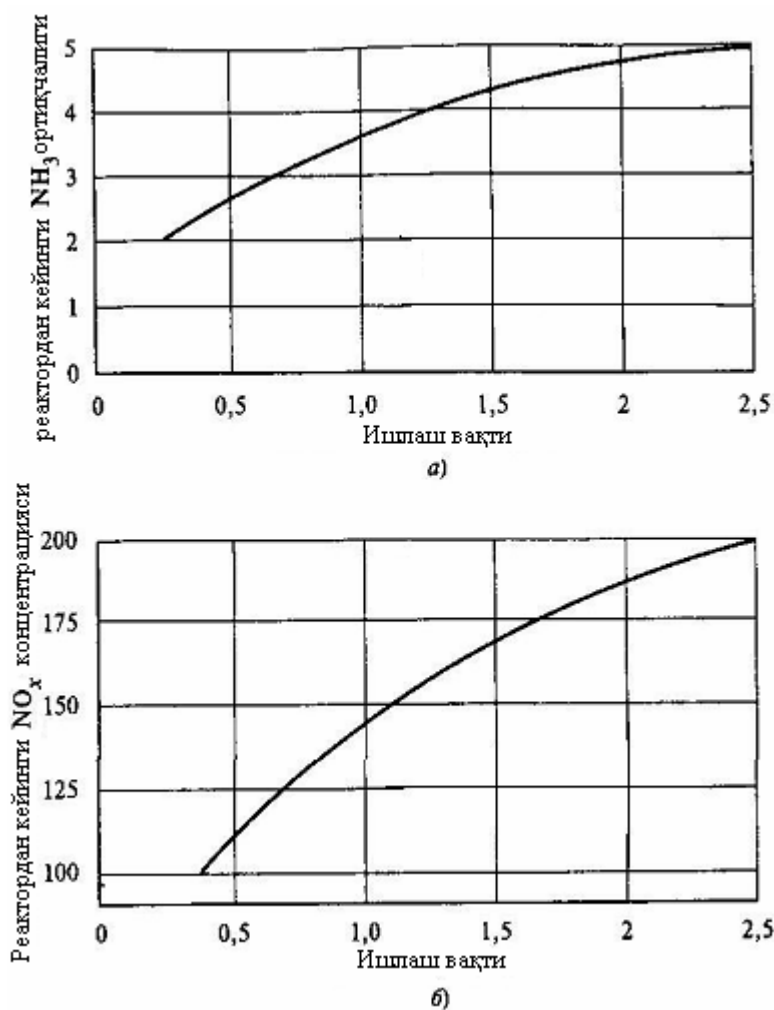


3.4-расм. Тутун газлари уч қатламли каталик реактор орқали ўтганда NO_x ва NH_3 ларнинг концентрацияларини ўзгариши.

СКТ қурилманинг асосий элементи бўлиб, 3.3-расмда кўрсатилган каталик реактор қурилмаси хизмат қилади. У ячейка тузилишига алоҳида элементлардан иборат бўлиб, модулда йиғилади ва қозоннинг газ йўлида бир нечта қатлам қилиб ўрнатилади.

3.4-расмда тутун газлари уч қатламли каталик реактор орқали ўтганда NO_x ва NH_3 ларнинг концентрацияларини ўзгариш боғлиқлиги келтирилган. Расмдан кўришиб турибдики, реакторнинг биринчи қатлами энг кўп юкланган, ундан NO_x ни тиклашнинг энг кўп массаси ўтади.

Вақт ўтиши билан катализаторнинг самарадорлиги камаяди, бу жараён 3.5-расмда кўрсатилган. 3.5, а-расмдан кўришиб турибдики, вақт ўтиши билан катализаторнинг бирламчи ишлаш самарадорлигини фақатгина аммиакни ортиқчалыги ошириш йўли билан таъминлаш мумкин. Аммиак ортиқчалыги доимийлигини сақлаш NO_x ни N_2 га тиклаш бўйича катализатор самарадорлигини пасайишига олиб келади (3.5, б-расм).

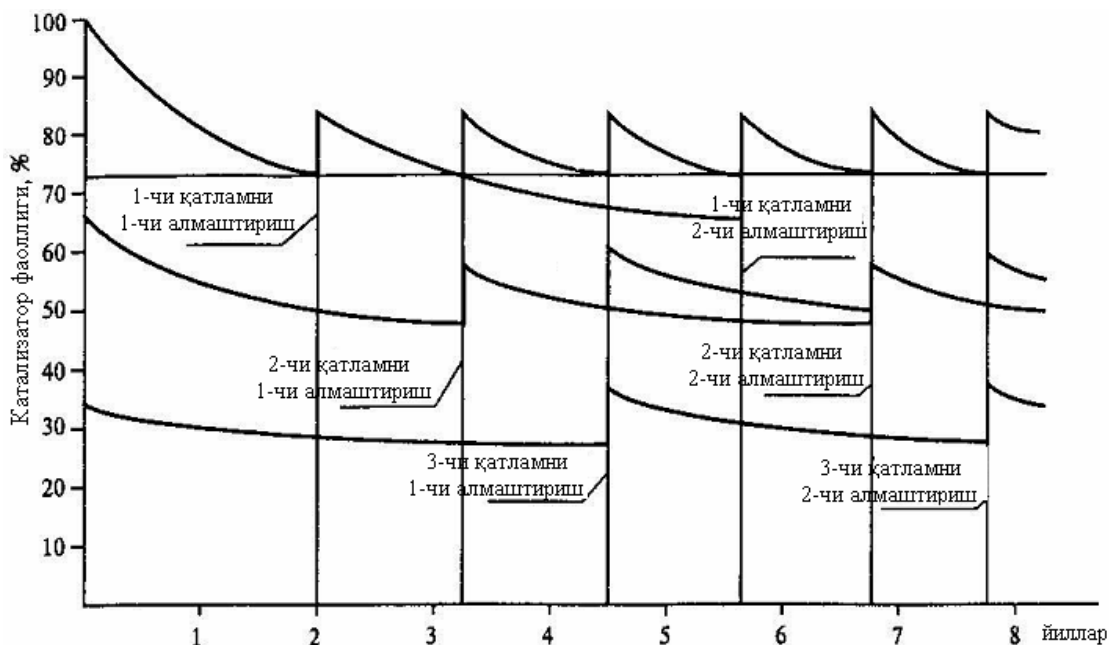


3.5-расм. Катализатор характеристикаларининг ишлаш вақтига боғлиқлиги.

Агар катализатор бир нечта қатламлардан ташкил топган бўлса, у ҳолда азотни тиклаш (NO_x ни камайиши) кейинги қатламларга нисбатан биринчи қатламда бир неча марта юқори бўлади. Ушбу фарқ аммиак ва азот оксидларининг концентрацияси ҳар хиллиги билан ифодаланади. Катализаторнинг кафолатли ишлаш вақти NH_3 ортиқчаллиги минимал бўлганда реактордан чиқаётган NO_x нинг чегаравий миқдорини сақланишидан аниқланади.

Каталитик реактор фаоллигини вақт бўйича ўзгариши 3.6-расмда келтирилган. Расмдан кўришиб турибдики, бошланғич фаоллик (NO_x ни тиклаш қобилияти) катализаторнинг барча қатламларида бир хил. Фаолликнинг янада ўзгариши катализатор қатламининг ҳолатига боғлиқ: биринчи қатлам бошқасига нисбатан ўзининг фаоллигини тез йўқотади,

шунинг учун уни биринчи ўринда (тахминан икки йил ишлагандан сўнг) алмаштириш керак. Иккинчи қатлам уч-тўрт йилдан сўнг олиб ташланади ёки алмаштирилади. Учинчи қатламнинг фаоллиги чегаравий қийматдан пасайгандан сўнгги тахминан 4,5 йилдан сўнг алмаштирилади.



3.6-расм. Уч қатламли каталитик реактор фаоллигини вақт бўйича ўзгариши ва қолган фаолликни қатламларни поғонали янгилаш йўли билан фойдаланиш.

СКТ қурилмани қозоннинг газ трактига ўрнатишнинг оптимал схемасини танлаш жуда муҳим омил ҳисобланади. Ўрнатиш схемасининг иккита варианты мавжуд:

1) СКТ қурилма қозоннинг газ трактида ҳаво қиздиргичдан олдин (сув экономайзеридан кейин) ўрнатилади, у ерда газларнинг ҳарорати 350°C ни ташкил этади. бундай ўрнатишни “қайноқ” СКТ қурилма деб аташ мумкин.

2) СКТ қурилма электрофилтър ва олтингугурт тозалагичдан кейин ўрнатилади (“совук” СКТ қурилма).

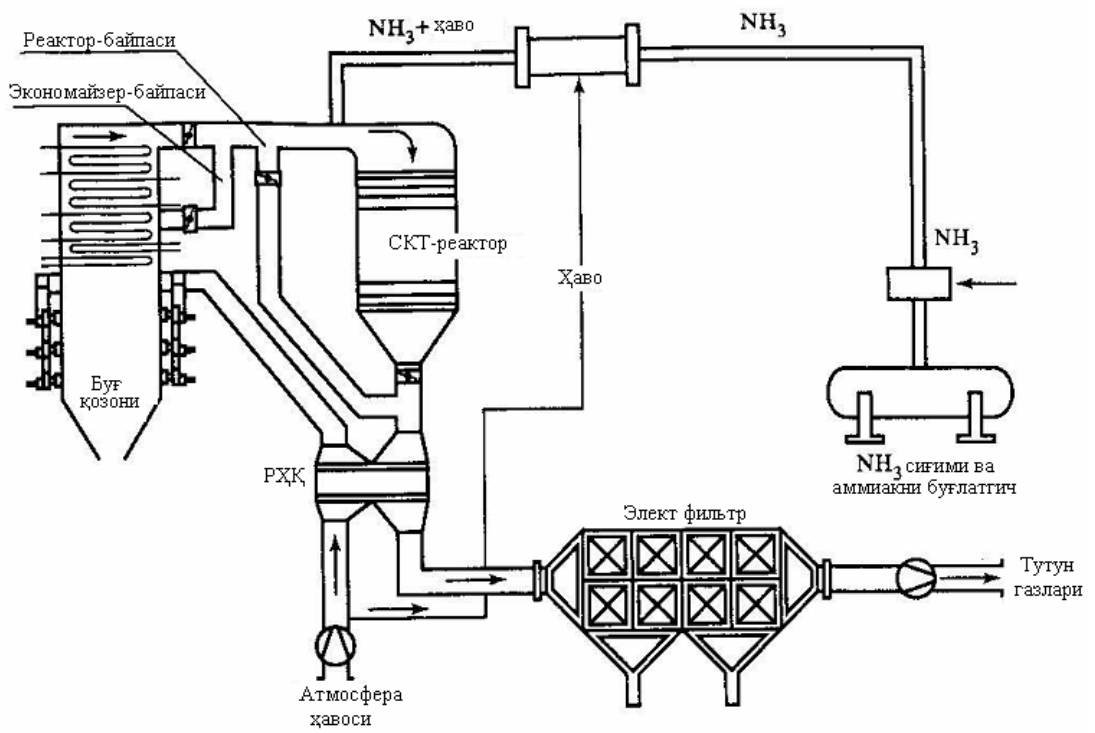
Ҳар бир ўрнатиш схемаси ўзига яраша афзалликка ва камчиликка эга. Ўрнатишнинг оптимал схемаси техник-иқтисодий ҳисоблаш натижасидан келиб чиқиб танланади.

“Қайноқ” СКТ қурилмани уланиш схемаси 3.7-расмда келтирилган. Уни афзаллиги шундаки, каталитик реактордан чиқаётган тутун газларининг чиқишдаги ҳарорати NO_x ни N_2 га тикланиш самарадорлиги учун оптимал ҳарорат бўлади. Демак реактордан олдин тутун газларини кўшимча қиздириш талаб этилмайди. Аммо қозон қиздириш юзалари ва реактор билан биргаликдаги компановкалари қийинчилик туғдириш мумкин.

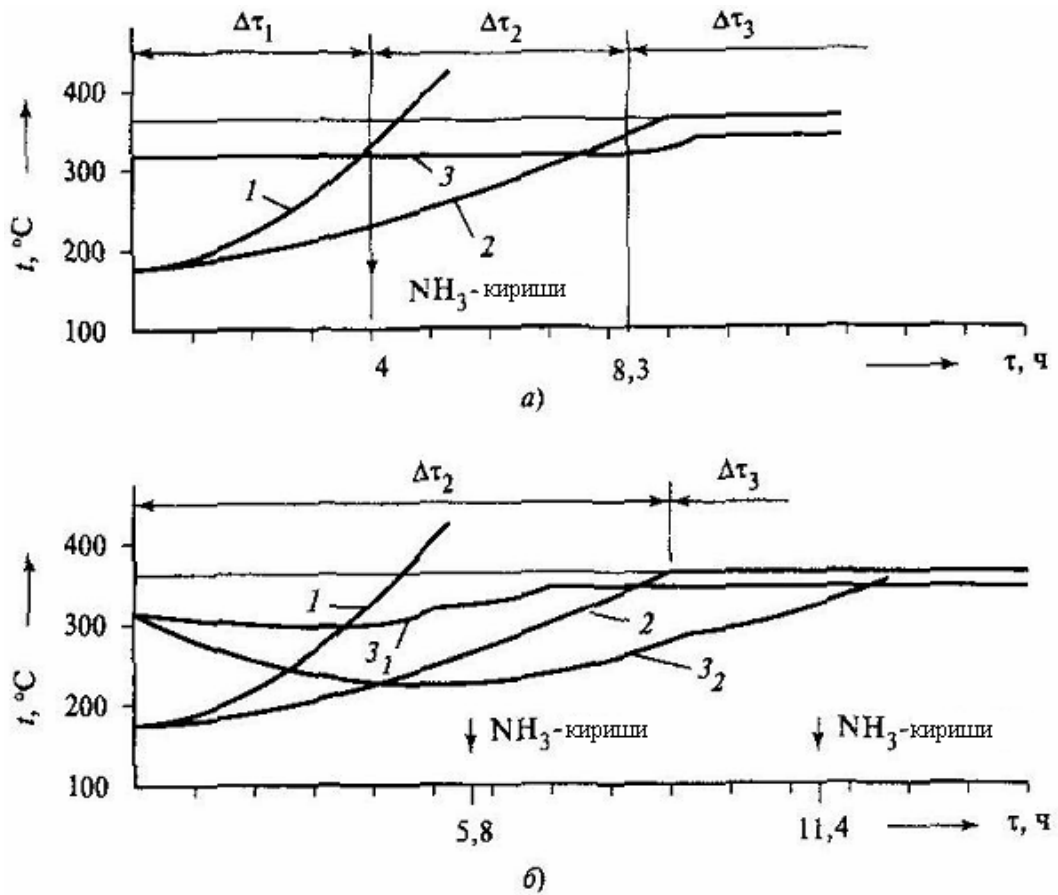
Қозон ишга тушиш тўхташ режимида ишлаганда “қайноқ” СКТ қурилмани ишлатишнинг оптимал ҳарорат шароитини тез таъминлаш учун иккита байпас зарур бўлади: экономайзер байпаси (экобайпас) ва реактор байпаси (реактор-байпас).

Қозонни ишга туширганда реактордан олдинги тутун газларини ҳароратини керакли даражагача тез кўтариш учун экобайпасдан фойдаланилади. Бундан ташқари қозоннинг кичик юкламасида ҳам реактордан олдинги газларни ҳароратини керакли даражагача кўтириш имконияти мавжуд бўлади.

Қозон қисқа вақт тўхтаганда реактордаги ҳарорат махсус иссиқлик изоляцияси ёрдамида таъминланади. Агар қозонни ишга туширганда ва тўхтатганда сув экономайзеридан кейинги тутун газларининг ҳарорати катализатордаги ҳароратдан паст бўлса, у ҳолда реактор-байпаси орқали реакторни айланиб ўтадиган газлар ўтказилади. Агар экономайзер олдидаги газларнинг ҳарорати 350°C дан юқори ва экономайзердан кейинги ҳарорат паст бўлса, у ҳолда экобайпас ёрдамида 350°C ҳарорат ушлаб турилади (3.8-расм). Байпаслардан фойдаланилган СКТ қурилмани ишга туширишга кетган вақт ва аммиакни узатиш 4 соатгача қисқариши мумкин. СКТ қурилма реактор-байпассиз фақатгина экобайпас билан ишга туширилса ушбу вақт 5,8 соатни, байпасларсиз 11,4 соатни ташкил этади.



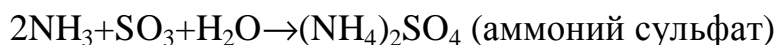
3.7-расм. “Қайноқ” СКТ қурилмасининг схемаси.



3.8-расм. “Қайноқ” СКТ қурилмани ишга тушиш вақтини байпаслар ёрдамида қисқариши.

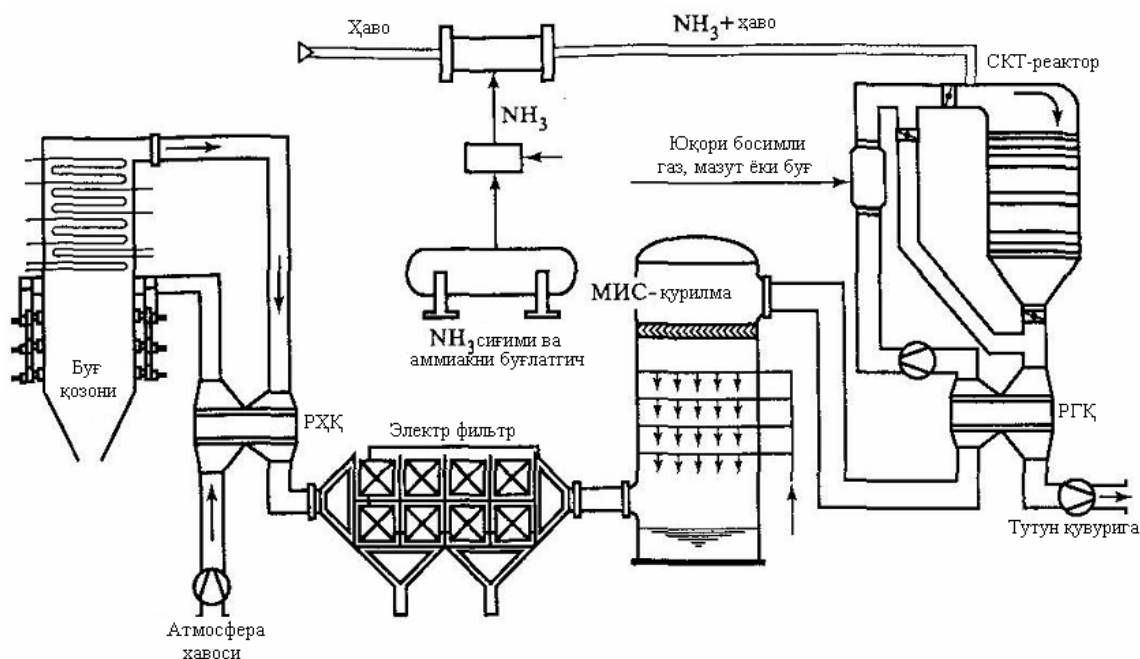
а-тунги тўхташдан сўнг байпаслардан фойдаланиб қайта ишга тушириш; б-тунги тўхташдан сўнг байпассиз ёки экобайпас ёрдамида ишга тушириш; 1-тутун газларининг экономайзерга киришдаги ҳарорати; 2-тутун газларини экономайзердан кейинги ҳарорати; 3-катализатор ҳарорати; $\Delta\tau_1$ -реактор-байпас ва экобайпас билан биргалик ишлаш вақти; $\Delta\tau_2$ -экобайпасни ишлаш вақти; $\Delta\tau_3$ -байпаслар бўлмаганда ишлаш вақти; Z_1 -реактор байпас бўлмаганда экобайпас билан ишга туширилганда катализатор ҳарорати; Z_2 -реактор-байпас ва экобайпасларсиз ишга туширилганда катализатор ҳарорати; NH_3 -кириши-каталитик реакторни ишга тушишини бошланиши.

“Қайноқ” СКТ қурилмани ишлатиш билан боғлиқ бўлган яна бир муаммо мавжуд, бу катализатор юзасида содир бўладиган SO_2 ни SO_3 га ўзгаришидир. Аммиакни мавжудлиги натижасида SO_3 ни иштирок этиши билан содир бўладиган кимёвий реакция қуйидагича кўринишда бўлади:



Ҳосил бўладиган қаттиқ шаклдаги сульфат ва бисульфат аммоний регенератив ҳаво қиздиргични (РХҚ) ифлослантириш қобилиятига эга, бунинг натижасида РХҚ ни ювиб тозалашлар сони ортади. Бунинг натижасида ташлама сув ҳажми ошади ва блокнинг ўрнатилган қувватидан фойдаланишлар сони камаяди.

Ушбу сабабларга кўра “совук” СКТ қурилмасининг схемаси ишлаб чиқилган. 3.9-расмда “совук” СКТ қурилманинг схемаси тасвирланган. Реакторнинг самарали ишлаши учун тутун газларининг ҳарорати 350°C га яқин бўлиши керак, реактор олдидаги тутун газлари кераклича қиздирилади. Ушбу ҳолда газни регенератив қиздириш етарли эмас, чунки кўшимча қиздиришдан фойдаланиш-мазут ёки табиий газни кўшимча ёқишга ёки буғли иссиқлик алмашинуви қурилмасида юқори параметрларда қиздириш зарур бўлади.



3.9-расм. “Совуқ” СКТ қурилма схемаси.

РХҚ-регенератив ҳаво қиздиргич; РГҚ-регенератив газ қиздиргич.

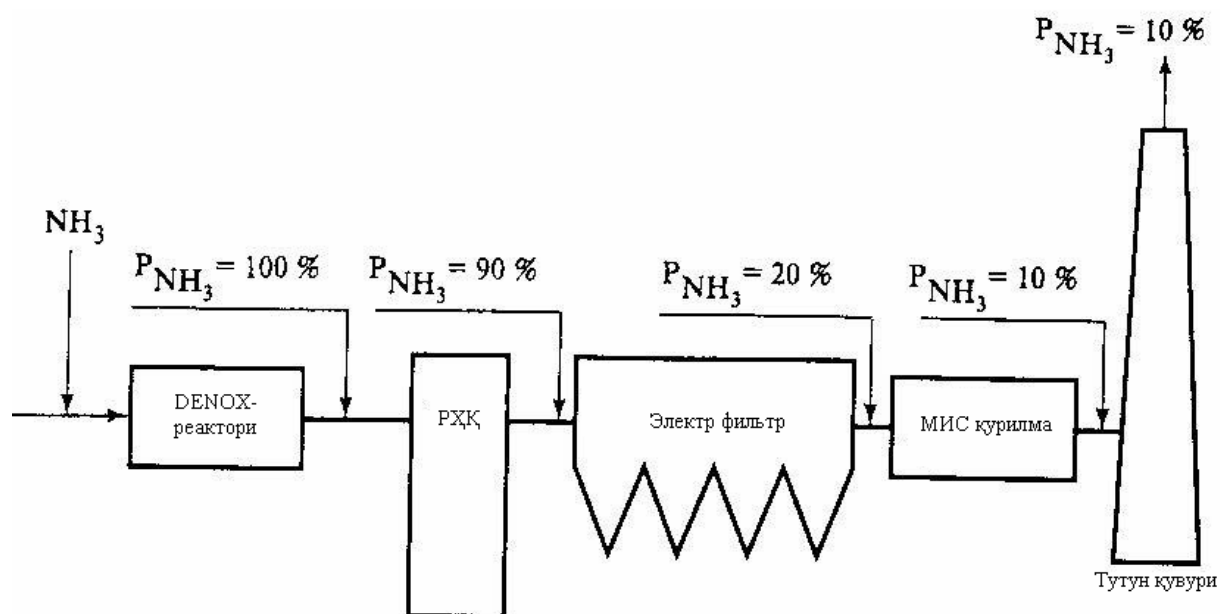
“Совуқ” СКТ қурилма ишлаганда олтингугурт тозалагичдан кейин чиқиб кетувчи газларда SO_2 миқдорини кам бўлиши SO_2 ни SO_3 га ўзгариш хавфини камайтиради ва РГҚ қаттиқ сульфат ва бисульфат аммонийлардан ифлосланишини камаюди. Бундан ташқари катализатор материалдан фаол фойдаланиш имкони туғилади. Электр филтр ва олтингугурт тозалагичдан кейин чанг миқдорини кам бўлиши кичик ўлчамли ячейкаларни қўллаш имконини беради. Иккала омил ҳам катализатор ҳажмини камайтириш имконини беради.

“Совуқ” СКТ қурилмадан фойдаланилганда реакторни ишга тушириш вақти қисқаради ва қурилмани ўрнатиш имконияти соддалашади. Ўрнатиш имкониятини соддалашиши амалдаги қурилмани “совуқ” СКТ қурилмаси билан жиҳозлашда муҳим ҳисобланади.

Шу билан бир қаторда СКТ қурилмани қўллаш бошқа муаммоларни туғилишига олиб келади. Улардан бири аммиакни ортиқчалиги билан боғлиқ. Япония фирмаларининг маълумоти бўйича энергоблок барқарор режимда ишлаганда каталитик реактордан сўнг аммиакни ортиқчалиги 5 ppm дан ошмаслиги керак. Ушбу ортиқчаликни “қайноқ” СКТ қурилма реакторидан

кейин жойлашган газ йўли қисмлари бўйича тақсимланиши 3.10-расмда келтирилган.

Тахминан 10% аммиак реактордан кейин бисульфат ва сульфат аммонийга айланади ва РХҚ нинг қиздириш юзаларида қатлам ҳосил қилади. Аммиак ортикчалигининг кўп миқдори (70% яқин) электрофильтрадаги учувчан кул билан боғлиқ ва ушлаб қолинган кул билан бирга чиқариб юборилади. Агар кейин гипс маҳсулоти олувчи олтингугурт тозалагич ўрнатилган бўлса, у ҳолда 10% аммиак гипс ва ташлама сув билан чиқиб кетади. Бундан ташқари ортикча аммиакнинг 10% тутун қувиридан атомсофрега чиқиб кетади. Тозаланган тутун газлари таркибидаги аммиакнинг концентрацияси тахминан 0,6-0,7 мг/м³ ни ташкил этади.



3.10-расм. Қозоннинг газ тракти элементи бўйича аммиак баланси.

СКТ қурилманинг нархи анча қиммат. Катализаторнинг самарали ишлаши ИЭСда ёқиладиган ёқилғи турига боғлиқ бўлиб, кўмирда ишловчи ИЭС лар учун катализаторнинг самарали ишлаш вақти ўртача 2-3 йил, мазут учун 5 йил ва табиий газ учун 7 йилни ташкил этади. Бундай ИЭСлардан атмосферага ташланадиган зарарли ташланмалар экологик ИЭС ташманмаларининг талабларига тўлиқ мос келади.

4. Меҳнат муҳофазаси ва хавфсизлик техникаси.

Меҳнат хавфсизлиги-инсоннинг меҳнат қилиш жараёнида хавфсизликни таъминловчи, инсоннинг инсоннинг соғлиғини ва иш унумдорлигини сақловчи қонун чиқариш ишлари, ижтимоӣ-иқтисодий, ташкилий, техник, гигиеник ва даволаш-профилактика тадбирлари ва воситалари тизимидир.

Тўлиқ хавфсизликни таъминлаш ва зарарсиз ишлаб чиқаришни ташкил этиш мумкин эмас. Реал ишлаб чиқариш шароити бир қанча хавфли ва зарарли ишлаб чиқариш омиллари билан тавсифланади.

Хавфли ишлаб чиқариш омилли деб шундай ишлаб чиқариш омилига айтиладики, унинг таъсири белгиланган шароитда ишлаётган инсон соғлиғини бирданига ёмонлашишига олиб келади.

Зарарли ишлаб чиқариш омилли деб белиланган шароитда ишлаётган инсонни касалланишига ёки меҳнат қобилиятини сусайишига олиб келувчи ишлаб чиқариш омилига айтилади.

Хавфли ишлаб чиқариш омилига мисол тариқасида машина ва механизмларнинг ҳаракатланувчи қисмлари, қизиқ турган жисмлар, сиқилган ёки зарарли моддалар билан тўлдирилган сиғимларнинг устига ишлаб турган детал ёки мосламаларни тушиб кетиши ва ҳоказоларни киритиш мумкин. Зарарли ишлаб чиқариш омилига мисол тариқасида ҳаво таркибидаги зарарли моддалар, ёқимсиз метеорологик шароит, нурланиш иссиқлиги, ёруғликнинг етишмаслиги, вибрация, шовқин, ультра ва инфра товушлар, ионлашган ёки лазер нурлари, электр магнит майдони, кучланишни ортиши ва микроорганизмларнинг мавжудлиги ҳисобига меҳнатни қийинлашиши ва ҳоказоларни киритиш мумкин.

Хавфли ва зарарли омилларни бир-биридан ажратиш бўлмайди, чунки у ёки бу омил ҳам бахтсиз ҳодисага олиб келиши мумкин.

Ишлаб чиқаришдаги бахтсиз ҳодиса-ишчи ходимнинг меҳнат мажбуриятини бажаришида ёки иш раҳбари топшириғи бўйича хавфли

ишлаб чиқариш омилига таъсир этиш ходисасидир. Инсонга зарарли ишлаб чиқариш омилининг таъсир этиши касб касалликларига олиб келиши мумкин. Бахтсиз ходисанинг натижаси шикастланиш ҳисобланади, яъни организм тўқималарининг зарарланиши ва ташқи таъсир оқибатида ўз функциясини бажара олмаслигига олиб келади.

Ишлаб чиқариш санитарияси-зарали ишлаб чиқариш омиллари билан ишлаганда таъсирларни олдини олиш ва камайтиришнинг ташкилий тадбирлари ва техник воситалари тизимидир. Ишлаб чиқариш санитариясига меҳнат гигиенасини ва санитар техникани киритиш мумкин, ишлаб чиқариш санитариясига-шамоллатиш, иситиш, ҳавони маромлаш, иссиқлик таъминоти, газ таъминоти, сув таъминоти, канализация, атмосфрега ва сув ҳавзаларига ташланадиган зарарли моддалар, ёритиш, инсонни вибрация, шовқин, зарарли нурлар ва майдонлар, санитар ва маиший бинолар ва иморатлар, қурилиш иссиқлик техникасининг тизимлари ва қурилмаларини киритиш мумкин.

Хавфсизлик техникаси- ишловчиларга хавфли ишлаб чиқариш омили таъсирини олдини олувчи ташкилий тадбирлар ва техник воситалар тизимидир.

Хавфсизлик ва меҳнат шароити.

Оператор меҳнат фаолиятининг эргономик характеристикаси “инсон-техника-ишлаб чиқариш муҳити” тизимининг спецификациясидан аниқланади, уларни оптималлаштириш учун эргономик талабларни таъминлаш зарур.

Бунда ишлаб чиқаришни қуйидаги қатор ишлаб чиқариш омилларига ажратиш мумкин:

- механик хавфли омиллар;
- электр занжирида кучланишнинг ортиши;
- аэрозоллар концентрациясининг ошиб кетиши;
- шовқиннинг юқори даражаси;

- ёнғиннинг хавфли омиллари;
- меҳнат жараёнида юзага келувчи психофизиологик зарарли омиллар (кўриш қобилиятини зўриқиши, ақлий ва эмоционал зўриқиш ва ҳоказо).

Механик хавфсизлик.

Машина ва механизмларнинг ҳаракатланувчи зарачалари механик хавфли омилларни келтириб чиқаради. Масалан дастгоҳда ишлаш вақтида хавфли омилларнинг манбаси қуйидагича бўлиши мумкин: кесгичлар, қириндилар, қайта ишланувчи деталлар, асбоб-ускуналар.

Уларнинг инсонга таъсири инсонни енгил ва оғир шикастланишига олиб келади. Шикастланишни олдини олиш учун қуйидаги хавфсизлик чора-тадбирлари амалга оширилади:

- блокировка қурилмаси, инсон хавфли зонага кирган вақтда хавфли омилни бартараф этувчи (ҳимоя қопламалари ва ҳоказо);

- жиҳозларни ишлаши ҳақида хабар берувчи сигнализация қурилмалари (ёруғликли ва товушли сигналлар);

- дистанцион жиҳозлар, улар ёрдамида хавфли зонадан чиқариб ташланган майдонларда жиҳозларни назорат ва ростлаш ишлари амалга оширилади;

- сақловчи қурилмалар (стационар, қўзғалувчан ва кўчма);

- турли хил сақловчи воситалар, улар жиҳозларни ишлаш вақтида қандайдир бир параметрларни оғиши рўй берганда жиҳозлар ишдан тўхтатилади;

- металл қириндиларини бартараф этиш учун қўлланиладиган махсус асбоб-ускуналар.

Ишлаб чиқариш жараёни ишчи зонанинг ҳаволи муҳитида чанг миқдорини ошиб кетиши билан характерланади. Чанг абразив ишлов бериш натижасида ҳосил бўлиб, у абразив материалнинг 30-40% ини ва ишлов берилаётган материалнинг 60-70% ини ташкил этади. Масалан кесиш ишларини амалга ошириш давомида жиҳоз ва материал юзасининг ҳарорати

ортади, кесиш зонаси эса махсус суюқликни узатиб туриш натижасида совутилади, ушбу модда ҳавода аэрозолларни ва сув буғларини ажралиб чиқиши учун манба бўлиб ҳисобланади.

Буғлар, газлар ва чангларнинг миқдорини ортиши нафас олишни қийинлаштиради, бош айланишига олиб келади ва инсон саломатлигига салбий таъсир кўрсатади.

Ишчи зонасида комфорт иқлимни таъминлаш учун умум алмашинувчи шамоллатиш тизими қўлланилади.

Электр хавфсизлиги.

Электр токидан шикастланишга олиб келувчи хавфларга қўйидагиларни киритиш мумкин:

-электр занжиридаги юқори кучланиши инсонни шикастланишига олиб келиши мумкин;

-жиҳозларни авария режимида ишлашида ва изоляцияни емирилиши ва электрлашган жиҳозларнинг корпусида фазаларнинг қисқа туташуви содир бўлади;

ГОСТ 12.1.019-81 га мувофиқ ҳимоялаш учун нолга улаш амалга оширилади. Бунда юқори кучланишдан ҳимоялаш учун қўйидагилар амалга оширилади:

-ноқулай баландликда жойлашган жиҳозларни ток ўтувчи қисмларини изоляция қилиш ва уларни атрофини тўсиқлар билан ўраш;

-изоляцияловчи ост таглар-уларни изоляцияловчи асослар сифатида қўллаш (диэлектрик гиламча).

Иш хонасида иқлим шароити.

Ишчи зонанинг юқори ва паст ҳарорати, ҳавонинг юқори ва паст намлиги, ҳавонинг юқори ва паст ҳаракати ишчи хоналарида ноқулай омиллар ҳисобланади. Ушбу омиллар ишчи хоналарида комфорт шароитни бузилишига олиб келиши мумкин.

Микро иқлимнинг рухсат этилган параметрлари ГОСТ 12.1.005-88 га мос келиши керак.

Ишчи хоналарида ҳарорат режимини ва ҳавони намлигини нормаллаш учун умумий алмашилиш тизимларидан фойдаланилади.

Портлаш ва ёнғинга қарши хавфсизлик.

Ҳар бир цехнинг бўлинмасида ёнғин содир бўлишининг асосий манбалари сифатида қуйидагиларни таъкидлаш мумкин: электр учқуни, қисқа туташувида электр ёйини ҳосил бўлиши, қизиган қириндилар ва ҳоказо.

Очиқ ёнишнинг инсонга таъсири турли хил оғирликдаги куйишларга олиб келади. Ёнишда ажралиб чиқадиган заҳарловчи газ нафас олишни қийинлаштиради.

Металларга қирқиб ишлов беришда ёнғин хавфсизлиги қуйидагича таъминланади:

-ёнғинни олдини олиш тизими;

-ёнғинни сўндирувчи тизими;

-ГОСТ 12.1.004-91 га мувофиқ ёнғинга қарши ҳимоя ва ташкилий-техник чора-тадбирлар.

Иш хоналарининг ёритиш меъёрлари.

Ишлаб чиқариш хоналарини ёртишнинг қуйидаги турлари мавжуд: табиий, сунъий ва биргаликда. Ишлаб чиқариш хоналарини табиий ёруғлик билан ёритишда қуёш нурларидан фойдаланилади ва географик шароитларга боғлиқ ҳолда, йил ва сутканинг вақтларига, атмосферанинг шаффовлилик ва булутлигига боғлиқ ҳолда ўзгаради. Сунъий ёриштишни ҳосил қилиш асосан ёруғликнинг электр манбалари асосида амалга оширилади. Биргаликдаги ёритиш ишлаб чиқариш хоналарида табиий ёруғлик етарли бўлмаганда сунъий ёруғликдан қўшимча фойдаланилади.

Умумий ёритиш тизимлари иш ўринларида жойлашган ва 220 В ли ўзгарувчан ток тармоғидан таъминланувчи ёритгичларнинг тўпламини

ифодалайди. У табиий ёртиши билан тўлдирилади ва сутканинг қоронғу вақтларида ўрин алмашинади. Ушбу тизимлар ишчиларга психофизиологик таъсир этади, меҳнатни юқори самарадорлигини ва хавфсизлигини таъминлайди, толиқиш ва шикастланиш камаяди, вақт давомида юқори иш унумдорлиги таъминланади.

Хоналарда табиий ва сунъий ёритиш СНиП 23-05-95 меъёрларига мувофиқ амалга оширилади.

5. Экология қисми.

Табиат атроф-муҳитининг экологиясига салбий таъсир кўрсатувчи асосий манбалардан бири ёқилғи энергетика мажмуаси (ЁЭМ) ҳисобланади. ЁЭМларининг соҳаларидан энергетика энг кўп таъсир кўрсатади. Энергетикада атроф-муҳитни энг кўп ифлослайдиган манбалардан бири-иссиқлик электр станциясиларидир. Иссиқлик энергетикасининг атроф-муҳит экологиясига салбий таъсирини самарали камайтириш бўйича таклифларни ишлаб чиқиш учун салбий таъсир этаётган манбани яхши билиш зарур.

Органик ёқилғининг ишчи массаси углерод, водород, кислород, азот, олтингугурт, намлик ва кулликдан иборат. Ёқилғини тўлиқ ёниши натижасида карбонат ангдид гази, сув буғлари, олтингугурт оксидалари (олтингугуртли газ) ва кул ҳосил бўлади. Санаб ўтилган ташкил этувчилардан зарарлиларига олтингугурт оксидлари ва кулни киритиш мумкин. Юқори ҳароратларда катта қувватли қозонларнинг ўтхона камерасининг машъала ядросида ҳаво азотининг қисман оксидланиши ва азот оксидли ёқилғи ҳосил бўлади.

Ўтхонада ёқилғини чала ёниши натижасида углерод оксиди CO, углеводородлар CH₄, C₂H₆ ва хоказолар ҳосил бўлиши мумкин. Чала ёниш маҳсулотлари жуда заҳарли, аммо ёқишнинг замонавий технологияси бўйича уларни ҳосил бўлишини камайтириш ёки минимум даражагача тушириш мумкин.

Куллилик даражаси энг юқори бўлган ёқилғиларга ёнувчи сланецлар ва кўнғир кўмирни, шунингдек тош кўмирнинг бир неча турлари (масалан экибастузис). Суюқ ёқилғида куллилик даражаси кам бўлиб, табиий газ кулсиз ёқилғи ҳисобланади. Замонавий кул тутгичларнинг ҳисобига кулларни юқори даражагача тутиб олиш мумкин, бу эса кул чиқиндиларини анчагина камайтиради ва уларни жуда кичик қийматларга туширади.

Ҳозирги вақтда азот оксидларини камайтириш учун каттик ёқилғиларни паст ҳароратда ёқиш лойиҳалари ишлаб чиқилган ва амалга оширилган. Ёқилғиларни паст ҳароратда ёқишнинг хусусиятларидан бири диоксинларни ҳосил бўлиш имкониятини беради.

Сўнгги йилларда ёқилғи тўла ёнмаслиги натижасида ҳосил бўладиган канцероген (рак касаллигини юзага келтирувчи модда) моддаларни ўрганишга жиддий эътибор қаратилмоқда. Бундай турдаги кўпгина кимёвий моддалардан кенг тарқалгани ва таъсир этиш жадаллиги билан ажралиб турувчиларга ярим цикли ароматик углеводородлар ва уларнинг ичидан энг фаоли бензапиренларни киритиш мумкин. Бензапиреннинг максимал миқдори 700-800⁰С ҳароратда ва ёқилғини тўла ёқиш учун ҳаво етмаслик шароитида ҳосил бўлади.

ИЭСнинг тутун қувурларидан атмосферага ташлаб юборилаётган захарли моддалар тирик табиатнинг бутун мажмуасига, яъни биосферага салбий таъсир кўрсатади. Биосфера ўз ичига ер юзини зраб турган атмосфера қатламини, ернинг юқори қатламини ва сув ҳавзаларининг юқори қатламини ўз ичига олади.

Атмосферага нафақат чиқиндилар чиқарилади, балки бошқа саноат корхоналаридан, транспорт воситаларидан ва иносн фаолияти билан бошлиқ бўлган бошқа чиқиндиларни киритиш мумкин. Бундай барча чиқиндиларни табиий, яъни табиат чиқиндиларидан фарқли равишда антропоген чиқиндилар деб номлаш мумкин.

Тутун қувурлари баланд бўлган ИЭСдан атроф-муҳитга чиқариб юборилаётган чиқиндилар майдонини диаметри 20-50 км айлана сифатида белгилаш мумкин. Тутун газлари таркибидаги захарли моддалар ўсимлик, ҳайвонлар ва инсолар дунёсига, шунингдек, қурилиш конструкцияларига, биноларга ва иншоотларга таъсири катта бўлади.

Ўсимликлар SO₂ таъсирига жуда сезувчанлир. SO₂ нинг зарарли таъсири ўсимлик барглари зарарлаш билан боғлиқ. Баргли ўсимликлар SO₂

нинг кичик таъсири натижасида ҳар йили барглари тукишади. Игнабаргли ўсимликлар эса тескари, улар зарарли моддалар таъсирида кучли зарарланади.

Атмосфера ҳавосида игнабаргли ўсимликларнинг ҳолатига SO_2 нинг таъсирини ўтганиш бўйча ўтказилган тадқиқотлар шуни кўрсатдики, олтингугуртли газнинг ҳаводаги концентрацияси 0,23 дан 0,32 мг/м³ гача бўлса, фотосинтез ва игнабарглarning ҳаво олиши бузилар экан, яъни дарахтларнинг қуруши бошланади, масалан сосна дарахти 2-3 йилда қуриydi. Олтингугуртли газнинг ҳаводаги концентрацияси 0,08 дан 0,23 мг/м³ гача бўлса, игнабарглarning нафас олиш жадаллиги камаймасдан фотосинтез жадаллигини камайиши бошланади, бу эса дарахтларни секин қуришига олиб келади. Баргли дарахтларнинг ассимиляциясидаги ўзгариш SO_2 нинг миқдори 0,5-1 мг/м³ дан ошганда бошланади [1.1].

Шунингдек бу моддаларни ҳосил бўлиши ва атмосферани ифлослантириши инсонларга ҳам ёқимсиз таъсир қилади. Зарарланган атмосферани инсониятга салбий таъсир этиши мумкин бўлган таъсирларидан бири зарарли туманлар ҳисоланади. Улар атмосферани ифлослантирувчиларни концентрациясини тезлик билан ошиши ва ёқимсиз метеоролегиқ шароитлар ҳисобланади.

Атмосферани зарарловчи зарарли моддаларнинг таъсири сурункали номаълум бўлган касалликларни келтириб чиқаради. Ушбу касалликларнинг ичида энг аҳамиятлиси ателосклероз (юрак ва қон томирлари склерози, артериосклерознинг энг кўп учрайдиган тури) бўлиб, у юрак қон томирлари ва номаълум касалликлар билан боғлиқдир, шунингдек сурункали бронхит эмфезима, бронхиал астма ва бошқа касалликлар ҳисобланади.

Бутун дунё соғлиқни сақлаш ташкилотининг экспертлари комитети ўтказилган тадқиқотлар натижасида атмосфера ҳавосининг зарарлашниш даражаси ва уларнинг инсонларга таъсири ўртасидаги ўзаро боғлиқликни ҳал этишдир.

Агар SO_2 нинг ёки аралашмали заррачаларнинг (ҳаво таркибидаги) йиллик концентрацияси $0,08-0,10 \text{ мг/м}^3$ ни ташкил этса, у ҳолда кўриниш ёмонлашади, шинамлик бузилади, нафас олиш бузилади: агар SO_2 ва аралашмали заррачаларни концентрацияси суткасига $0,25-0,5 \text{ мг/м}^3$ ни ташкил этса, у ҳолда касалликлар ортади ва инсонларни шифохоналарга муружаатлари ошиб, ўлим кўпаяди.

Атроф-муҳитга чиқариб ташланувчи ифлослантиргичлар сафига азот оксидларини киритиш мумкин. Улар инсон учун хавфли бўлиб, тез таъсир этиш хусусиятига эга, айниқса кўз пардаси учун хавфлидир. Азот оксидлари суюқ муҳитлар билан ёмон аралашади ва нафас олганда енгил ютилади, бу эса брончаларни зарарланишига олиб келади. Тажриба натижалари ва кузатувчиларнинг гувоҳлик беришига азот оксидлари биологик жуда фаол ҳисобланади.

Турли мамлактларда ўтказилган тадқиқотлар шуни кўрсатади, азот оксиди билан зарарланган туманлардаги аҳолида нафас олиш функцияси қисқаради, респираторли касалликлар ортиб боради, қон ҳаракат тизими ўзгаради.

Азот икки оксидининг $4-6 \text{ мг/м}^3$ концентрацияси ўсимликларни ўткир шикастланишига олиб келади. Концентрацияси 2 мг/м^3 га яқин бўлган NO_2 нинг узоқ таъсири натижасида ўсимликларни касаллашувига олиб келади. Жуда кичик концентрацияси деярли таъсир кўрсатмайди. Азот оксидлари табиий радиацияни, яъни ультрабинафша ва спектр шаклидаги радиацияларни ютади, атмосферанинг шаффофлигини камайтиради ва фотохимёвий тумани ҳосил бўлади.

Атмосферанинг ифлосланиши ва табиий аралашмалар жуда қийин жараёнлар натижасида содир бўлади. Ушбу жараёнлар аралашмаган бўлакчалар ва газсимон аралашмалар учун турличадир. Атмосферада аралашмаган бўлакчаларни топиш вақти уларнинг физик-кимёвий

хусусиятларига, метеорологик параметрларга, чиқинди заррачаларнинг атмосферадаги баландлигига ва унинг ўлчамига ва бошқа омилларга боғлиқ.

Ўтказилган тадқиқотлар шуни кўрсатадики, олтингугуртли газ SO_2 аста-секин оксидланади ва SO_3 га ўтади, у нам ҳаво билан ўзаро бирикиб сульфат кислотани ҳосил қилади. Оксидланиш жараёнининг тезлигига қуёш нурлари ва оксидлаш жараёнини каталитик тезлаштиргичларга боғлиқ. SO_2 ва SO_3 га айланишида энг фаол жараён тўлқин узунлиги 220-250 нм бўлган нур ҳисобига амалга ошади.

Оксидланиш жараёнига ҳавонинг намлиги ҳам таъсир кўрсатади. Олтингугуртли газда сульфат кислотанинг аэрозол миқдори намлик 60% гача бўлганда ўртача 7,8% ни ташкил этади, намлик 81% бўлганда у 31% га ортади.

Маълумки, атмосферада газсимон чанглларнинг кўпгина реакциялари термо ва фотооксидланиш билан боғлиқ. Атмосферанинг юқори қатламларида ер юзасидан 30 км баландда, у ерда фотохимёвий реакция тўлқин узунлиги 290 нм дан кам бўлмаган қуёш нурларини ҳисобига оширилади. Ҳосил бўлган молекулалар ер усти қатламига карбонат ангидрид газини, сув, кислород, азот шаклида қайтиб тушади.

NO_2 нинг парчаланиш реакцияси кўпгина иккиламчи реакцияларга туртки беради, яъни эркин радикалларни ҳосил қилади, озон ҳосил бўлиши, полимерланишга сабаб бўлади. Бундан ташқари ушбу реакциялар углеводородларнинг оксидланишига таъсир кўрсатади, бунинг натижасида карбинол гуруҳидаги моддалар ҳосил бўлади, органик аэрозолларни киритиш. Углеводородлар ва азот оксидларини биргаликда оксидланиши маҳсулотларнинг ҳосил бўлишига олиб келади, кейинчалик реакция давом этиши натижасида кучли зарарли таъсир этувчи гидроксиацилнитратлар (ПАН) ҳосил бўлади. ПАН гуруҳидаги моддалар зарарли туманлар вақтида шаҳар ҳавосида учрайди.

Иккиламчи фотохимёвий реакцияларни юқори тезликда амалга ошганда: кислород молекулаларининг ва азот оксидларининг кислород атомлари ўзаро бирикади, шунингдек азот икки оксиди озон билан бирикади ва натижада нитратлар ҳосил бўлади. Азот оксиди билан кечадиган фотохимёвий реакциялар босқичма-босқич амалга ошади. Ушбу реакциялар натижасида озоннинг узлуксиз ҳосил бўлиши содир бўлади, бу эса ўз навбатида азот оксиди билан ўзаро бирикиб азот икки оксидини ҳосил қилади, шунинг учун иссиқлик электр станцияларининг ёниш маҳсулотларидаги NO_2 нинг миқдори атмосферага 70% гача ортишига олиб келади ва тутун қувуридан чиқаётган азот оксиди барча азот оксидларининг 10-15% ини ташкил этади, қолган 85-90% и асосан азот оксидлари ташкил этади.

Шуни таъкидлаш жоизки, ёниш маҳсулотларининг таркиби жонли организм ва табиатга жуда катта салбий таъсир кўрсатади, масалан азот икки оксиди азот оксидинига нисбатан 3-3,5 марта зарарлидир. Ҳозирги вақтда шаҳар атмосферасининг ер юзи қатламида ҳавонинг органик моддалар (асосан нефть қазиб олишда) ва юқори ҳароратли ёниш жараёнида ҳосил бўлади, азот оксидлари юқори даражада зарарлангирмоқда.

Шундай қилиб, иссиқлик электр станциясининг чиқиндиларидаги аралашмалар-чанг, олтингугурт ва азот оксидлари электрстанция жойлашган туманнинг биосферасига салбий таъсир этади, ундан ташқари чиқиндилар ерга ва сув ҳавзаларига чўкади.

Ушбу моддалар жуда кенг таъсир қиладими? Табиатдаги модда алмашинувиға ҳам таъсир қиладими? Инсон фаолияти натижасида ташлаб юборилаётган моддалар атроф-муҳит учун ғаёритабий ҳисобланади ва улар атмосфера, литосфера ва гидросфера ўтрасидаги модда алмашинувиға таъсир кўрсатади.

Ернинг атмосферасида тахминан CO_2 кўринишидаги 2000 млрд т углерод мавжуд бўлиб, ундан тахминан 135 млрд т/йил га яқини атмосфера,

куруқлик ва денгиз ўртасидаги узлуксиз алмашинувида иштирок этади. Шундай қилиб, сайёрада барча турдаги ёқилғиларни ёқишда ажралиб чиқаётган CO_2 нинг миқдори тахминан 15 млрд т ни ташкил этади.

Бир йилда атмосферага табиий жараёнлар натижасида 1000 млн т ни, антропоген натижасида 100-200 млн т кул миқдори чиқарилади. Табиий жараёнлар натижасида атмосферага N_2O ва NH_3 бирикмалар шаклидаги 1000 млн т азот чиқарилади; антропоген жараёнларда 60-70 млн т ни ташкил этади. Фақатгина олтингугуртнинг ўзи табиий ва антропоген жараёнларнинг натижасида 100-150 млн т/йил ни ташкил этади.

Эркин атмосферада амалда олтингугурт ва азот оксидларининг куллари деярли бўлмайди. Сўнги йилларда атмосферада фақатгина CO_2 миқдори ортган (0,029 дан 0,032%), бу инсонларга ва хайвонот дунёсига деярли таъсир кўрсатмайди, аммо унинг миқдорини янада ортиб бориши сайёра иқлимига етарлича зарар кўрсатади.

6. Иқтисодий қисм.

Энергетик қозонларнинг тутун газларида NO_x концентрациясини камайтириш учун қўлланиладиган техник ечимларни оптималлаш ва ҳаражатларни аниқлаш.

Ҳалқаро ва мамлакат амалиётида атмосферага чиқариб юбориладиган ташланмаларни камайтириш бўйича чора-тадбирларга капитал ҳаражатларни ИЭСнинг 1 кВт ўрнатилган қувватига мос келадиган ва 1 т зарарли ташланмаларни камайтиришга нисбатан эксплуатацион ҳаражатларни алоҳида таҳлил қилиш қабул қилинган.

Буларнинг ичида 1 кВт ўрнатилган қувватга мос келадиган атмосферага ташланадиган NO_x ташланмаларини камайтириш бўйича чора-тадбирларга солиштирма капитал ҳаражатлар катта ўринни белгилайди (5.1-жадвал). Жадвалдан кўриниб турибдики, режимли-технологик тадбирларни амалга ошириш азот тозалашнинг турли хил усуллари билан солиштирилган кам ҳаражатли ҳисобланади. Жадвал маълумотларидан яна шуни хулоса қилиш мумкинки, ҳозирги вақтда атмосферани NO_x ташланмаларидан ҳимоялаш учун тадбирларни амалга ошириш чет эл жиҳозларини олби келиб ўрнатиб NO_x ташланмасини камайтиришга сарфланган капитал ҳаражатларни 2-3 марта кам сарфланишига олиб келади.

Баъзида азото оксидларини камайтириш бўйича турли тадбирларнинг самарадорлигини техник-иқтисодий таҳлили учун барча ҳаражатларни битта критерийга келтириш зарур. Бунинг учун келтирилган ҳаражатлар учули танланган. Бунда қуйидагилар қабул қилинган, яъни уюрмали горелкали қозонда ёқилғи ёқилганда чиқиб кетувчи газларда NO_x концентрацияси дастлаб қандай бўлганлиги ва қозонда NO_x ни камайтириш бўйича қандай тадбир амалга оширилганли. Буғ қозонининг ҳар бир ўлчами учун ёқилғининг танланган шаклида азот оксидларини камайтириш бўйича амалга оширилган у ёки бу тадбирларнинг келтирилган ҳаражатларидан аниқланади. Кейин келтирилган ҳаражатларни азот оксидларини камайиш даражасига

боғлиқлик эгри чизиғи қурилади. Ушбу эгри чизик бўйича NO_x концентрациясини камайтиришнинг оптимал вариантыни аниқлаш мумкин.

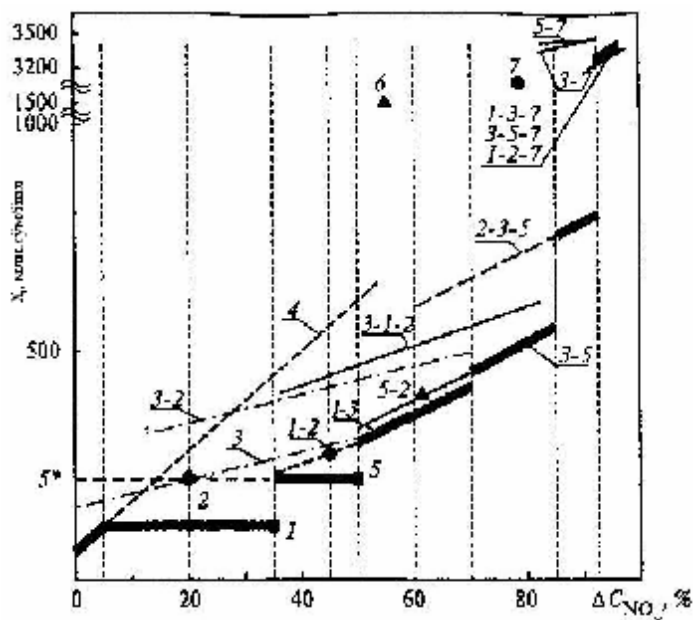
5.1-жадвал. Атмосферага NO_x ташланмасини камайтиришга солиштирма капитал ҳаражатлар.

Азот оксидларини камайтириш тадбирлари	NO_x ташланмаларининг камайиши, %	Тадбирнинг нархи, долл/кВт ўрнатилган қувват	
		Россияда	Чет элда
Ўтхона жараёнини оптималлаш	15 гача	-	-
Икки поғонали ёқиш	15-30	3-4	10-15
Кам захарли горелкалар	30-40	4-5	15
Уч поғонали ёқиш	40-45	12-15	30-40
Икки поғонали ёқиш ва кам захарли горелка	40-65	6-8	20-25
Уч поғонали ёқиш ва кам захарли горелка	60-75	14-18	40-50
СНТ (ёқилғи-қўмир)	40-60	1-3	12-15
СКТ (ёқилғи-қўмир)	40-90	25-30	70-90
СНТ билан икки поғонали ёқиш (кам захарли горелкалар) биргаликда	50-75	4-6	13-16
Уч поғонали ёқишни СНТ билан такомиллаштириш	70-90	15-20	-

5.1-расмда мисол тариқасида ТГМП-464 буғ қозонида азот оксидини камайтириш бўйича тадбирларга келтирилган ҳаражатларни NO_x концентрациясини камайтиришга боғлиқлиги келтирилган. Бунинг учун

алоҳида тадбирларга ҳаражатлар эгрилиги, иккита тадбир биргаликда қўлланилган тадбирларга ҳаражатлар эгрилиги, учта тадбир биргаликда қўлланилган тадбирларга ҳаражатлар эгрилиги қурилган.

Тадбир ҳаражатларига қўшимча материаллар ва жиҳозларнинг нархи ва уни таъмирлашга ҳаражатлар, бундан ташқари қозоннинг ФИК ни камайтириш ва ўз эҳтиёжларига энергия сарфини ортиши ва ҳоказолар ҳам ҳисобга олинган. Ушбу қозон газ мазутли, бир барабанли, бир корпусли, номинал унумдорилиги 500 т/соат ва ўта қизиган буғ параметри 13,7 МПа ва 560⁰С.дастлабки ҳолда қозонда ёқилғи анъанавий усулда ёқилганда чиқиб кетувчи газлардаги NO_x концентрацияси 700 мг/м³ ни ташкил қилади.



5.1-расм. ТГМП-464 буғ қозонида азот оксидини камайтириш бўйича тадбирларга келтирилган ҳаражатларни NO_x концентрациясини камайтиришга боғлиқлиги.

1-поғонали ёқиш; 2-ҳавони қайта тақсимлаб ёқилғини поғонали ёқиш; 3- ГРТС ёрдамида газларни рециркуляция қилиш; 4-газларни рециркуляция қилиш; 5-янги горелкаларни ўрнатиш; 6-карбамид ёрдамида азот оксидини тиклаш; 7-азот оксидини каталитик тиклаш.

5.1-расм таҳлилидан қуйидаги хулосаларни қилиш мумкин:

1) энг кам ҳаражат ёқилғини тақсимлаб поғонали ёқиш усулида бўлади, бунда NO_x концентрацияси 38% гача камаяди;

2) кейинчалик янги горелкалар ёки газларни рециркуляция қилувчи тутун сургич ёрдамида ёниш маҳсулотларини рециркуляция қилиш натижасида NO_x 50% гача камаяди;

3) кейингиси самарадорлиги бўйича жуда яхши ҳисобланган ёқилғини поғонали ёқиш ва газларни рециркуляция қилиш, бунинг натижасида NO_x концентрацияси 70% гача камаяди;

4) ГОСТ талаби бўйича NO_x концентрациясини 125 мг/м³ гача камайиши фақатгина учта тадбирни қўллаш орқали эришиш мумкин, унинг асосида поғонали ёқиш, рециркуляция ва азот оксидалари кам чиқувчи горелкаларни қўллаш ётади;

5) СКТ қурилмаси билан тадбирлардан бирини биргаликда қўллаш натижасида тутун газларини меъёрий даражасини таъминлаш мумкин, аммо бунда ҳаражатлар даражаси анчагина ортади (камида 5 марта).

Келтирилган маълумотлар фақатгина шу турдаги қозон учун мувофиқдир. Бошқа қозонлар учун ҳаражатлар бошқача бўлади.

NO_x ни камайтиришга қўлланилган усулларни иқтисодийлигини баҳолаш учун учта вариант бўйича ҳисоблаш амалга оширилган: амалдаги, селектив нокаталитик тиклаш (СНТ) ва селектив каталитик тиклаш (СКТ).

Ташланмалар	Вариант 1			Вариант 2			Вариант 3		
	мг/м ³	г/сек	т/йил	мг/м ³	г/сек	т/йил	мг/м ³	г/сек	т/йил
NO ₂	200	19	591	180	17	532	63	6	186
N ₂ O	5	0,5	1,4	10	0,9	2,7	10	0,9	2,7
NH ₃	0	0	0	2	0,2	0,56	3	0,3	0,84

Энергия истеъмоли	Вариант 1			Вариант 2			Вариант 3		
	МВт/йил	ГЖ/йил	ТЖ/йил	МВт/йил	ГЖ/йил	ТЖ/йил	МВт/йил	ГЖ/йил	ТЖ/йил
NO ₂	0	0	0	40	144	0,14	4600	16560	16,56

Ушбу ҳол учун капитал ҳаражатлар ва эксплуатацион сарфлар қуйида келтирилган. Вариант 1 базали. Бошқа вариантларнинг ҳаражатлари базали вариантга қўшимча ҳаражат сифатида олинган. Эксплуатация сарфлари ўзгармас.

Ҳаражатлар (минг евро)	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Умумий капитал ҳаражатлар (минг евро)	-	185	1475
Умумий эксплуатация сарфлари (минг евро)/йил	-	188	670

Умумий йиллик ҳаражатлар (вариант 2)

$$\tilde{O} = \tilde{E} \tilde{O}_0 \left[\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right] + \dot{Y} \tilde{O} = 185 \cdot \left[\frac{0,06(1+0,06)^{25}}{(1+0,06)^{25} - 1} \right] + 188 = 202 \text{ \textit{èìã áâđí}}$$

Умумий йиллик ҳаражатлар (вариант 3)

$$\tilde{O} = \tilde{E} \tilde{O}_0 \left[\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right] + \dot{Y} \tilde{O} = 1475 \cdot \left[\frac{0,06(1+0,06)^{25}}{(1+0,06)^{25} - 1} \right] + 670 = 785 \text{ \textit{èìã áâđí}}$$

Ушбу ҳолда ҳисоблашни соддалаштириш учун фақатгина NO_x ташланмаларини кўриб чиқамиз. Шунинг учун иқтисодий самарадорлик NO_x нинг қисқартириб қолинган тоннасига сарфланган ҳаражат асосида баҳоланади. 2 ва 3 вариантларни базали вариант билан солиштиришганда иқтисодий самарадорлиги қуйида келтирилган.

	Вариант 2	Вариант 3
Қўшимча йиллик ҳаражатлар (минг евро)	202	785
NO _x миқдорини камайиши (тонна)	59 (10% га қисқаради)	405 (68,5% га қисқаради)
Иқтисодий самарадорлик	3424	1938
Бунда, вариант 2 учун ҳаражатлар 3424 евро/т, вариант 3 учун ҳаражатлар 1938 евро/т. Демак, вариант 3 анча иқтисодий самарадор экан.		

Битирув малакавий иши бўйича хулоса.

Битирув малакавий иши тўлиқ бажарилди ва қуйидаги хулосалар қилинди.

1. Энергетика саноати учун катта аҳамиятга эга бўлган иссиқлик электр станцияларида ёқилғи ёқилиши натижасида ҳосил бўлаётган азот оксидлари ва инсониятга ва жонли табиатга таъсири, атроф-муҳитга чиқариб юборилаётган азот оксидларини меъёрлари ва азот оксидларини ҳосил бўлиши механизмлари тўлиқ таҳлил қилинди.

2. Қозон ўтхонасида ёқилғини ёниши натижасида ҳосил бўладиган азот оксидалари ва уларни камайтириш усуллари, яъни тутун газларини ўтхона қурилмасига қайтириш, ёқилғини поғонали ёқиш, азот оксидларини кам чиқадиган горелкаларни қўллаш, ўтхона ичидаги машъала ядросига сув ёки сув мазут эмульсиясини пуркаш усуллари кўриб чиқилди ва таҳлил қилинди.

3. Иссиқлик электр станцияларидан атмосферага чиқариб юборилаётган тутун газларини азот оксидаларидан тозалашнинг селектив усуллари ва комплекс усуллари кўриб чиқилди ва уларни қўллаш бўйича саноат намуналари келтирилди.

4. Битирув малакавий ишининг иқтисодий қисмида амалга оширилган тутун газларини тозалашнинг селектив усуллари ва базали варианты солиштирилган ва иқтисодий самарадор вариант танланган.

Битирув малакавий ишида келтирилган азот оксидларини тозлаш усулларини ва унда келтирилган маълумотлардан ишлаб чиқаришда ва ўқув жараёнида фойдаланиш мумкин.

Фойдаланилган адабиётлар.

1. Ўзбекистон Республикаси конституцияси. Т.: Ўзбекистон. 2005.
2. Каримов И.А. Жаҳон молиявий – иқтисодий инқирози, уни ўзбекистон шароитида баргараф этиш йўллари ва чоралари – Т.: Ўзбекистон, 2009. – 48 б.
3. Каримов И.А. “Ўзбекистон XXI аср бўсағасида: хавфсизликка таҳдид, барқарорлик шартлари ва тараққиёт кафолатлари”. – Т.: “Ўзбекистон ”, 1997. -110 б.
4. Аллаев К.Р. Энергетика мира и Узбекистана. Аналитический обзор. –Т.: Молия, 2007. -388 с.
5. Повышение экологической безопасности ТЭС. Под ред. А.С. Седлова. М.: Изд-во МЭИ. 2002.
6. В. Б. Прохоров, Н.Д. Рогалев, М.Г. Лисков. Образование и методы снижения выбросов оксидов азота при сжигании топлив на ТЭС. М.: Изд-во МЭИ. 2001.
7. В.Б. Прохоров, В.Б. Тупов. Методические указания по расчетным заданиям по курсу «Придоохранные технологии». М.: Изд-во МЭИ. 1998.
8. Монтаж и эксплуатация теплотехнического оборудования. Под ред. В.А. Горбенко. М.: Изд-во. МЭИ. 2002.
9. П.В. Росляков. Малотоксичные горелочные устройства. М.: Изд-во МЭИ 2002.
10. П.В. Росляков, М.А. Изюмов. Экологически чистые технологии использования угля на ТЭС. М.: Изд-во МЭИ 2003.
11. К.А. Григорьев, Ю.А. Рундыгин, А.А. Тринченко. Технология сжигания органических топлив. Энергетические топлива. С. Петербург. Изд-во Политехнического университета. 2006.
12. Энергоиспользование в теплоэнергетике и теплотехнологиях. Сборник задач. Часть 1. Под ред. Ю.М. Павлова. М.: Изд-во МЭИ 2005.

13. П.В. Росляков, И.А. Закиров. Нестехиометрическое сжигание природного газа и мазута на тепловых электростанциях. М.: Изд-во МЭИ 2001.
14. А.В. Каралюнец, Т.Н. Маслова, В.Т. Медведев. Экологическая экспертиза, аудит и сертификация. М.: Изд-во МЭИ 2000.
15. Под редакцией проф. В.Ф. Рослякова. Контроль вредных выбросов ТЭС в атмосферу. М., МЭИ 2004.
- Горюнов И.Т.** Анализ, разработка и выбор оптимальных мероприятий по повышению экологической эффективности эксплуатации крупной энергосистемы: Дис. ... канд. техн. наук. М., 1998.
16. **Юрков Д.А.** Результаты одноступенчатого и трехступенчатого сжигания мазута и газа на котле БКЗ-420ПГМ // Электрические станции. 1999. № 12. С. 6—11.
17. **Самаренко В.И.** Оптимизация режимов работы ТЭЦ с учетом экологических факторов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1994.
18. **Енякин Ю.П., Горбаненко А.Д., Эфендиев Т.Б.** Образование и пути снижения концентрации оксидов азота в уходящих газах энергетических котлов. М.: Информ-энерго, 1985.
19. **Сигал И.Я.** Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. Л.: Недра, 1988.
- ГОСТ 17.2.3.02-78.** Нормативы предельно допустимых или временно согласованных выбросов вредных веществ в атмосферу промышленными предприятиями. М.: Изд-во стандартов, 1978.
20. **Клименко В.В., Терешин А.Г.** Эмиссия окислов азота и состояние окружающей среды: климатический аспект // Тезисы докл. ежегод. научн.-техн. конф. М.: Изд-во МЭИ, 1998. Т.2.
21. **Развитие технологий подготовки и сжигания топлив на электростанциях:** Сб. науч. статей / Под ред. А.Г. Тумановского, В.Г. Котлера. М.: ВТИ, 1996.
22. **Росляков П.В., Егорова Л.Е., Ионкин И.Л.** Методы расчета вредных веществ с дымовыми газами котлов / Под ред. М. А. Изюмова. М.: Изд-во МЭИ, 2000.
23. **Новые подходы к технологии использования твердого топлива в электроэнергетике** А.Ф. Дьяков, А.А. Мадоян, В.И. Доброхотов и др. // Теплоэнергетика. 1998. № 1 С. 14—18.
24. 25.