

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

Нуров Нуржан Жаркынович

Газ айдау қондырғысының автоматты басқару жүйесін құру

Дипломдық жобаға  
**ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА**

5B070200—«Автоматтандыру және басқару» мамандығы

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты


Автоматтандыру және басқару кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ**

физика-математика

ғыл.кандидаты,

қавымдастырылған профессор

—  — Н.У. Алдияров

«27» мамыр 2021 ж.

«Газ айдау қондырғысының автоматты басқару жүйесін құру» тақырыбына

дипломдық жобаға

**ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА**

5B070200 – «Автоматтандыру және басқару» мамандығы

Нуров Нуржан Жаркынович

Ғылыми жетекші

тех. ғылымдарының магистрі.,

лектор

—  — Исакова А.М.

«21» мамыр 2021 ж

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

«Автоматтандыру және басқару» кафедрасы


5B070200 - Автоматтандыру және басқару

**ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ**

физика-математика

ғыл.кандидаты,

қауымдастырылған профессор

\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Н.У.Алдияров

«27» мамыр 2021 ж.

**Дипломдық жобаны дайындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Нуров Нуржан Жаркынович

Жобаның тақырыбы: « Газ айдау қондырғысының автоматты басқару жүйесін құру»

Университеттің «24» қараша 2020 жылғы ғылыми кеңесінің № 2131-б шешімімен бекітілген.

Орындалған жұмыстың өткізу мерзімі «02» маусым 2021 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы мәліметтері: дипломалды практикасындағы жиналған мәліметтер.

Түсініктеме жазбаның талқылауға берілген сұрақтарының тізімі мен қысқаша диплом жұмысының мазмұны:

а) кіріспе;

б) технологиялық бөлім, арнайы бөлім;

в) экономикалық бөлім, еңбек қорғау бөлімі;

Графикалық материалдардың тізімі (міндетті түрде қажет сызбалар көрсетілген): автоматтық сұлбасы, принципиалдық сұлбасы, құрылымдық сұлба

Ұсынылған негізгі әдебиеттер

[1] Бердюк.В.В,Бородавкин.П.П,Галеев.В.Б және т.б. «Строительство и монтаж насосных и компрессорных станций магистральных трубопроводов». «Недра», 1968 ж. 283 б.

[2] Паранук.А .А, Мамий.С. А. «Эксплуатация насосных и компрессорных станций»/ жоғары оқу орындарының студенттеріне арналған оқу құралы / А. А.




Паранук, П. Яблоновский, Краснодар-баспагер: Краснодар ЦНТИ-Ресей Энергетика министрлігінің "РЭА" ФГБУ филиалы, 2019 ж. 286 б.

[3] Газ айдау қондырғысының автоматты басқару жүйесін құру «Сатпаевские чтения – 2021»: «Автоматизация и роботизация» Исакова А.М, Нуров.Н.Ж

Дипломдық жобаны даярлау  
КЕСТЕСІ

Бөлім атаулары, дайындалатын сұрақтардың тізімі	Ғылыми жетекшіге, кеңесшілерге өткізу мерзімі	Ескерту
Технологиялық бөлім	3 ақпан 2021ж.	
Арнайы бөлім	27 наурыз 2021ж.	

Аяқталған дипломдық жобаның және оларға қатысты диплом жобасы бөлімдерінің кеңесшілері мен нормалық бақылаушының қолтаңбалары

Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолтаңба қойылған мерзімі	Қолы
Экономикалық бөлім	А.М. Исакова техн.ғыл.магистрі Лектор	21.05.2021	
Қауіпсіздік және еңбекті қорғау бөлімі	А.М. Исакова техн.ғыл.магистрі Лектор	21.05.2021	
Нормалық бақылаушы	Н.С. Сарсенбаев техн. ғыл. кандидаты Ассистент- профессор	27.05.2021	

Ғылыми жетекшісі



А.М. Исакова

Тапсырманы орындауға қабылдаған білім алушы



Н.Ж.Нуров

Күні «27» қаңтар 2021 ж.

## АҢДАТПА

Дипломдық жобада газ тасымалдау агрегатының жану камерасында жанармай жануының температурасын реттеу мәселесі қарастырылады. MATLAB-та температураны реттеу арқылы жанармай шығынының оңтайландыруын қамтамасыз ететін жану температурасының математикалық есептеу моделі құрастырылады. MasterScada SCADA жүйесінде газ тасымалдау агрегатының визуализациясы әзірленді.

Экономикалық бөлімінде автоматтандырылған жүйе сұлбасының құнының салыстыруы және есептелуі жүргізілді. Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімінде өндірістік факторлардың анализі жүргізілді, цехтар үшін жерлендіру қорғауы есептелді, жалпы жасанды жарықтандырудың таңдауы және есептелуі жүргізілді.

## **АННОТАЦИЯ**

В дипломном проекте рассматривается проблема регулирования температуры сгорания топлива в камере сгорания газотранспортного агрегата. В MATLAB строится математическая расчетная модель температуры сгорания, обеспечивающая оптимизацию расхода топлива путем регулирования температуры. Разработана визуализация газотранспортного агрегата в системе MasterScada 32 SCADA.

В экономической части проведено сопоставление и расчет стоимости схемы автоматизированной системы. В отделе безопасности жизнедеятельности проведен анализ производственных факторов, рассчитана защита заземления для цехов, произведен выбор и расчет общего искусственного освещения.

## **ABSTRACT**

The thesis project deals with the problem of regulating the combustion temperature of fuel in the combustion chamber of a gas transmission unit. MATLAB builds a mathematical calculation model of the combustion temperature that optimizes fuel consumption by controlling the temperature. The visualization of the gas transmission unit in the MasterSCADA 32 SCADA system is developed.

In the economic part, the comparison and calculation of the cost of the automated system scheme is carried out. In the department of life safety, the analysis of production factors was carried out, the grounding protection for the workshops was calculated, the selection and calculation of the total artificial lighting was made.

## МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	9
1	Магистральдық газ құбырларының жалпы сипаттамасы	11
1.1	Компрессорлық станциялардың мақсаты және сипаттамасы	13
1.2	Газтурбиналы жетегі бар компрессорлық станцияларды орналастыру	15
1.3	Компрессорлық станция режимдері	16
1.4	ГАА-ның классификациясы	18
1.4.1	Магистральдық газ құбырларындағы газ турбиналы жетегі бар компрессорлық станцияның технологиялық сызбасы	20
1.4.2	ГАА-ның техникалық сипаттамаларына қойылатын негізгі параметрлер мен талаптары	25
1.4.3	ГТК-10 газ компрессорлық қондырғысы	29
1.4.4	Жану камерасындағы ақаулар	31
1.4.5	Операциялық және технологиялық көрсеткіштерді есептеу	32
2	Басқару объектісі ретінде ГАА-ны талдау	39
2.1	ГАА үшін оңтайлы басқару міндетін белгілеу	39
2.2	Компрессорлық қондырғының моделі	40
2.3	Жану температурасын есептеу моделі	41
2.3.1	Есептеулерді имитациялық модельдеу	47
2.4	ГАА-ның басқару жүйесінің синтезі	49
2.4.1	Айдағыштың қуатын есептеу	49
2.5	АБЖ құрылымын синтездеу	49
2.6	Берілген температураны есептеу	50
2.7	ГАА функционалдық сызбасы	51
2.8	ГАА үшін SCADA жүйесін әзірлеу	52
3	Техникалық-экономикалық негіздеме	54
3.1	Технологиялық процестің сипаттамасы	54
3.2	Автоматтандыру жүйелеріндегі шығындарды анықтау	54
3.3	Техникалық-экономикалық негіздемеге қорытынды шығару	61
4	Тіршілік қауіпсіздігі	62
4.1	Қауіпті және зиянды өндірістік факторларды талдау	62
4.2	Қорғаныс жерсіндіруді есептеу	63
4.3	Жасанды жарықтандыруды есептеу	65
4.4	Тіршілік қауіпсіздігі бөлімі бойынша қорытынды	66
	Қорытынды	68
	Қысқартулар тізімі	69
	Қолданылған әдебиеттер тізімі	70



## КІРІСПЕ

Технологиялық процестерді басқару құралдары мен жүйелеріне қажеттілік Қазақстанның газ өндіру, тасымалдау процестері айқын. Әсіресе өткір мәселе өндірісті автоматтандыру нарықтық экономика жағдайында болады, жаңа технологиялардың әдістері мен құралдарын дамыту және жетілдіру бәсекелестік пайда болуына ықпал етті. Автоматтандыру құралдарына үлкен сұраныс барлық салаларда байқалады, оның ішінде еліміздің отын-энергетика сияқты басым салаларда да көрінеді.

Газ өнеркәсібінің негізі газбен жабдықтау жүйесі (ГЖЖ) болып табылады. Оған кен орындары, газ қоймаларының кешені, магистральдық желінің күрделі желісі, біріктірілген тұтыну объектілері кіреді. ГЖЖ ең көп капиталды қажет ететін бөлігі – газды магистральдық тасымалдау жүйесі. Бұл жүйе қуатты газ құбыры жүйелерінің, жер асты қоймаларының, газ тарату пункттерінің, компрессорлық станциялардың тұтас жиынтығын білдіреді. Газ және ГЖЖ магистральдық тасымалдау жүйесі негізінен энергетиканың басқа да үлкен жүйелеріне ұқсамайды және дербес зерттеу мен зерттеу объектісі болып табылады. ГЖЖ-тің жалпы және ерекше қасиеттері мен ерекшеліктері бар, оларды зерттеу оңтайлы басқарудың заманауи теориясын қолдану негізінде ғана мүмкін болады.

Автоматтандырылған жүйенің техникалық базасын дамытудың ерекшелігі қазіргі кезеңде мұнай газ өндіру өндірістерін басқару иерархиялық деңгейлер бойынша бөлінген бірлестік, қамтамасыз ететін бірыңғай кешенге біртекті емес техникалық құралдарды басқару жүйелерінің жұмысы және таратылған компьютерлік жүйелерді ұйымдастыру болып табылады. Техникалық жүйелерді синтездеу мәселелері ерекше өзектілікке ие: компрессорлық станциялардың оңтайлы құрылымы мен құрамын таңдау, басқарудың иерархиялық деңгейлері бойынша функционалдық міндеттерді орналастыру.

Автоматтандыру ТП саласындағы істердің нақты жай-күйіне және басқару еңбегінің, сондай-ақ бүгінгі күннің қаражатқа қойылатын талаптарының әсерінен газ құбырын автоматтандыру, осы құралдарды қайта жаңарту және бірыңғай автоматтандырылған басқару жүйе (БАБЖ) құру мәселесі туындайды.

(БАБЖ) құру келесі объективті себептерден туындаған:

- нарықтық экономика тетіктерін енгізу, оның ішінде газ тасымалдауға ақы төлеудің тарифтік жүйесіне көшу, магистральдық газ құбырларының өзін-өзі қаржыландыруы мен өзін-өзі өтеуін қамтамасыз ету;

- АБЖ-ның моральдық және физикалық тұрғыдан ескірген жабдықтарын, телемеханика және жергілікті автоматика жүйелерін ауыстыру қажеттілігіне, сондай-ақ ақпараттық технологияларды сөзсіз жетілдіруге негізделген қолданыстағы АБЖ-ны дамыту проблемаларына байланысты;

- техникалық және бағдарламалық құралдарын дамыту проблемасы бойынша үлгілік шешімдердің болмауы салдарынан автоматтандыру

құралдарын қайта жаңартуға және дамытуға күрделі салымдар тиімділігінің төмендігі;

- құбырлардың ескіруі және құбыр желілерінің қауіпсіздігі мен сенімділігіне қойылатын талаптар деңгейінің бірнеше есе артуы.

БАБЖ тұжырымдамасын әзірлеу кезінде мынадай шарттар сақталады:

- БАБЖ құру жұмыс істеп тұрған телемеханика жүйелерін, ТПАБЖ, АБЖП және АБЖОТ қайта құрумен бір мезгілде жүзеге асырылуы тиіс; жаңа ақпараттық технологияларды енгізу шамасына қарай оларды пайдаланудан кезең-кезеңімен шығару үшін жұмыс істеп тұрған жүйелер БАБЖ идеологиясына "сәйкес келуі" тиіс; БАБЖ деректерді беру желісіне негізделуі және ақпаратты жіктеу мен кодтаудың бірыңғай жүйесі болуы тиіс; БАБЖ құру кезінде өнеркәсіп сериялық шығаратын техникалық және бағдарламалық құралдарды пайдаланылуы тиіс.

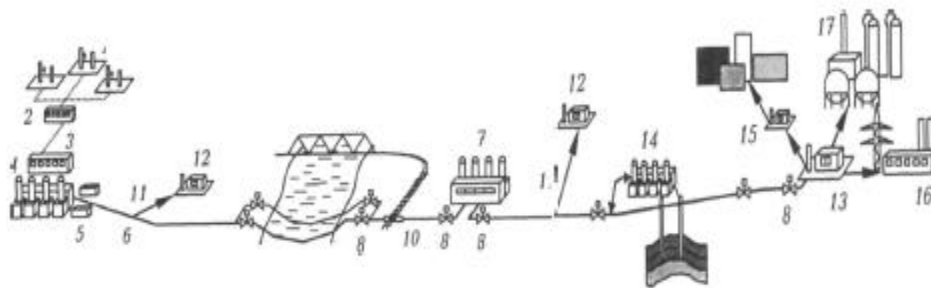
- Автоматты басқару жүйесінің (АБЖ) буындарының бірі газ тасымалдаушы өндірісінің автоматты түрде компрессорлық цехтардың жұмыс режимін реттеу болып табылады, ол іске асырудың бірінші кезеңі, АБЖ қолдау көрсете отырып, автономды түрде жұмыс істей алады, орнатылған параметрлер және газды айдау процесінің сапасын қамтамасыз етеді.

АБЖ жұмыс режимдерін автоматты басқару жүйесін енгізу КС-тың жұмыс параметрлерін тұрақты бақылаудан босатуға және орталық диспетчерлік пункт пен компрессорлық станция арасындағы байланыс каналдары арқылы айналатын жедел ақпарат көлемін азайтуға мүмкіндік береді. Бұл газ тасымалдау кәсіпорнының (ГТК) автоматты басқару жүйесінің сенімділігін арттырудың алғышарты.

Газбен жабдықтау жүйесінің маңызды міндеті оның құрылымын, параметрлерін және басқару әрекеттерін оңтайландыру болып табылады.

## 1 Магистральдық газ құбырларының жалпы сипаттамасы

Газ кен орындарының өнімдерін тұтынушыларға жеткізу жүйесі бұл бірыңғай технологиялық тізбек. Газ кен орындарынан газ жинау пункті арқылы өріс коллекторы бойынша газды дайындау қондырғысына түседі, онда газды құрғату, механикалық коллекторлардан, көмірқышқыл газы мен күкіртсутегінен тазарту жүргізіледі. Содан кейін газ бас компрессорлық станцияға және магистральдық газ құбырына түседі (сурет. 1) [2].



1-газ кен орны; 2-газ жинау пункті; 3- коллектор; 4-газ дайындау қондырғысы; 5-бас компрессорлық станция (БКС); 6-магистральдық құбыр; 7-аралық ҚС; 8-желілік бекіту құрылғылары; 9-Резервтік су асты өткелі; 10-темір жол астындағы өткелі; 11-магистральдық газ құбырынан бұрылу; 12 - газ тарату станциясы (ГТС); 13 - соңғы ГТС; 14 - газды жер астында сақтау станциясы (ГЖАСС); 15 - газ реттеу пункті (ГРП); 16 - жылу электр станциясы; 17 - газ өңдеу зауыты (ГӨЗ)

Сурет 1.1 - Магистральдық газ құбыры құрылыстарының құрамы:

Магистральдық газ құбырларының құрамына мынадай құрылыстар кіреді:

- сызықты бөлік (СБ) бұрғыштары мен лупингтермен, тиек арматурасымен, табиғи және жасанды кедергілер арқылы өтетін өткелдермен, іске қосу және тазарту құрылғылары мен дефектоскоптарды қабылдау, конденсатты жинау және сақтау тораптарымен, газ құбырына метанолды енгізуге арналған құрылғылармен, маңдайшалармен; компрессорлық станциялар (КС) және оларды қосу тораптары, газ тарату станциялары (ГТС), жерасты газ қоймалары (ЖГҚ), газды салқындату станциялары (ГСС), газды редуциялау тораптары (ГРТ), газ өлшеу станциялары (ГӨС);

- газ құбырларын коррозиядан электрохимиялық қорғау (ЭХҚ) қондырғылары; газ құбырларына қызмет көрсетуге арналған электр беру желілері, электрмен жабдықтау және бекіту арматурасы мен ЭХҚ қондырғыларын қашықтықтан басқару құрылғылары;

- технологиялық байланыс желілері мен құрылыстары, телемеханика құралдары, өртке қарсы құралдар, эрозияға қарсы және қорғаныш құрылыстары,

газ конденсатын жинауға, сақтауға және газсыздандыруға арналған сыйымдылықтар;

- ғимараттар мен құрылыстар;
- газ құбырлары трассасының бойында орналасқан тұрақты жолдар мен тікұшақ алаңдары және оларға кіреберістер, газ құбырлары орналасқан жердің тану және сигналдық белгілері.

Газ құбыр арқылы өткен кезде ағынның құбыр қабырғасына үйкелісі пайда болады, бұл қысымның жоғалуына әкеледі. Сондықтан табиғи газды жеткілікті мөлшерде және ұзақ қашықтыққа тек табиғи қабат қысымының әсерінен тасымалдау мүмкін емес. Ол үшін газ құбырының трассасына орнатылатын компрессорлық станцияларды салу қажет әр 80-120 км сайын.

Көп жағдайда КС газ турбиналық қондырғылар немесе электр қозғалтқыштарының жетегімен орталықтан тепкіш айдағыштармен жабдықталады. Қазіргі уақытта барлық КС 80% - дан астамы газтурбиналық жетекпен, ал 20% - ға жуығы электр жетегімен жабдықталған.

Газ өндірудің үнемі өсуіне байланысты өнім құбырларының желісі өсуде - бұл газды тасымалдаудың ең үнемді түрі. Құбыржол транспортын тиімді пайдаланудың негізгі экономикалық факторлары - бұл газ құбырларын толығымен автоматтандыру мүмкіндігі[1].

Қазіргі кезде әлемнің барлық елдерінде ішкі газ тасымалдаудың негізгі түрі - бұл құбыр. Газды құбыр арқылы тасымалдаудың қарқынды дамуы, оны басқа транспорттық құралдарымен (теміржол, кеме, автомобиль) жеткізуден гөрі, оны құбырлар арқылы айдаудың үнемді болуымен түсіндіріледі. Сондықтан газ құбырымен тасымалдау негізгі болып қала береді[3].

Өндіріс аймағынан (газ кен орны) немесе өндіріс (газ өңдеу зауыты) аймағынан оны тұтыну ауданына (қалалар, елді мекендер, өнеркәсіптік кәсіпорындар, электр станциялары) дейінгі аралықта тасымалдауға арналған құбыр магистральды газ құбыры деп аталады. Магистральдық газ құбыры жыл бойы тәулік бойы жұмыс істейді және диаметрі мен ұзындығы салыстырмалы түрде үлкен. Магистральдық газ құбырының диаметрі 150-ден 1420 мм-ге дейін, ал ұзындығы - ондаған мың километрге дейін өзгеруі мүмкін. Магистральдық газ құбырларының өткізу қабілеттілігі тәулігіне 80 млн. м<sup>3</sup> құрайды.

Магистральдық газ құбырлары жұмыс қысымына байланысты екі классқа бөлінеді:

1 класс - жұмыс қысымы 2,5-тен 10 МПа дейін;

2 класс - жұмыс қысымы 1,2 ден 2,5 МПа дейін;

Қазіргі заманғы магистральдық газ құбыры газды тасымалдауға, сығуға және оны құбыр арқылы айдауға дайындаудың негізгі технологиялық процестерін қамтамасыз ететін инженерлік құрылым.

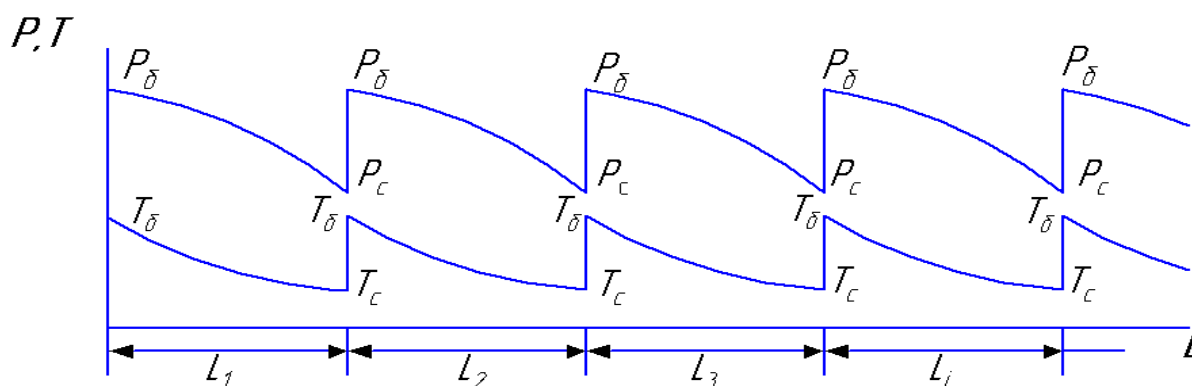
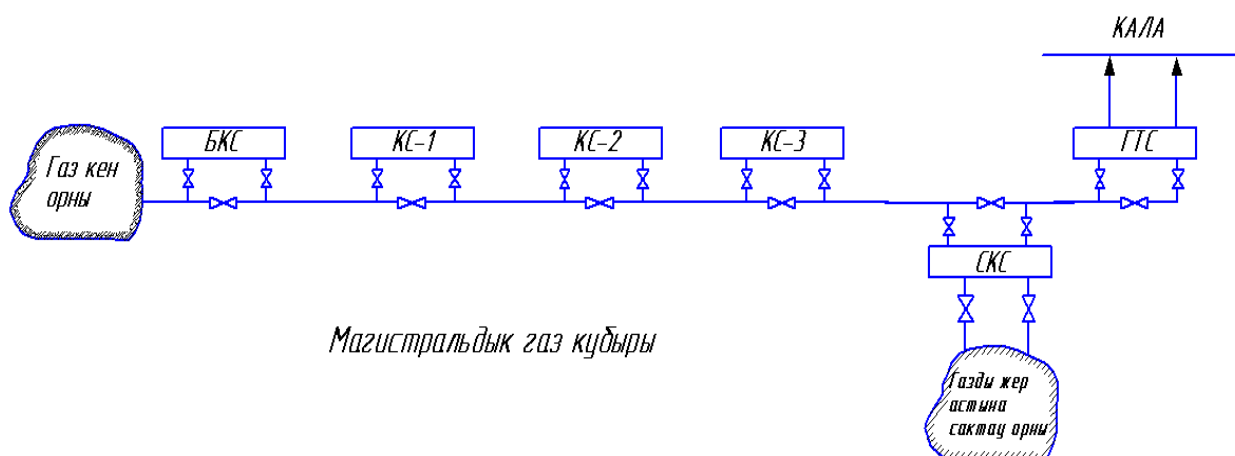
Негізгі технологиялық процестерге қажет жабдықтардан басқа магистральдық газ құбырында қосалқы қондырғылар бар, газ құбырын коррозиядан, электр қорегінен және судан қорғауды қамтамасыз ету. Магистральдық газ құбырының құрамы оның ұзындығымен, тасымалданатын газдың бөлшек құрамымен, атап айтқанда, газ бен ылғал құрамымен, газды

пайдаланатын тұтынушылардың талаптарымен, оның құрамы мен сапасына және басқа жағдайлармен анықталады[1].

### 1.1 Компрессорлық станциялардың мақсаты және сипаттамасы

Газ құбыры арқылы газ кен орнынан тұтынушыға өткен кезде газ құбырдағы кедергісін жеңіп, қысымын жоғалтады. Қысымның шамадан тыс жоғалуы ағынның төмендеуіне және құбырларды ысырапсыз пайдалануға әкеледі. Құбырлардың көтергіш қабілетін максималды қолдана отырып, газды ұзақ қашықтыққа үнемді айдау үшін компрессорлық станциялар салынуда. Магистральдық газ құбырларының компрессорлық станциялары - бұл газды сығуға арналған құрылымдар кешені. Компрессорлық станцияның орналасуы және олардың арасындағы қашықтық жоба бойынша анықталады және 100-150 км құрайды [2].

Компрессорлық станциялар арасындағы қысымның төмендеуі компрессорлардағы сығылу коэффициентін анықтайды. Бөлімнің соңындағы қысым компрессордың кірісіндегі қысымға, ал бөлімнің басындағы қысым компрессордың шығысындағы қысымға тең. Сығымдау коэффициентін таңдау компрессордағы газды сығуға арналған энергия шығынымен анықтайды.



Сурет 1.2 - Газ құбырының сызбасы және трасса бойындағы газ қысымы мен температурасының өзгеруі



Сурет 1.3 - Компрессорлық станция

Есептеулерде газ құбырын салу мен пайдалануға ең аз шығындармен оның максималды өткізу қабілетін қамтамасыз ету үшін барлық факторлардың жиынтығы ескерілген. Газ құбыры трасса бойындағы орналасуына байланысты компрессорлық станция бас және аралық болуы мүмкін. Газ кен орнының тікелей маңында орналасқан және газ ағыны бойымен газ құбырының басында тұрған станция бас станция деп аталады (БКС), газ құбырындағы барлық басқа компрессорлық станциялар аралық болады (КС).

Газ құбырының БКС-на газ өндіру немесе өндіру көзінен жеткізіледі. Таза газ кен орындарында көп жағдайда ұңғымадан шыққан газдың қысымы жоғары болуы соншалық, оны БКС қабылдауына өз қысымымен береді. Мұндай кен орнының ұзақ мерзімді жұмысынан кейін ғана қабаттағы газ қысымы төмендеген кезде БКС есептік қысыммен газды алу үшін резервтік компрессорлық станцияларды құру қажет болады. Мұнай кен орындарында газ мұнайдың серігі болып табылады және онда еріген күйде болады. Ұңғымадан шыққан мұнай кейін арнайы сепараторлардан өтіп газ бөлінеді. Бұл жағдайда газдың қысымы төмен болады. Мұнай кен орнында ілеспе газды жинау үшін мұнай ұңғымаларының құбырларына қосылатын кеніштік дайын компрессорлық станциялар салынады. Осы станциялардан газ бірқатар бағалы компоненттерді (бутан, пропан және т.б.) фракциялау үшін газ-бензин зауытына жіберіледі, содан кейін газ газ құбыр жүйесінің қабылдауына беріледі.

Газ шығаратын зауыттарда (тақтатас өңдейтін зауыттар, кокстық газ шығаратын зауыттар және т.б.) зауытта бас компрессорлық станция бар. Магистральдық газ құбырының компрессорлық станциясында келесі негізгі технологиялық процестер қарастырылған: газды шаңнан тазарту, газды сығу және салқындату. Сонымен қатар, БКС-да газды кептіру (егер оның құрамында күкіртсутек болса) жүзеге асырылады, газ күкірттен тазартылады. Сусыздандырудың мақсаты - газдан ылғалды кетіру. 10-20 ° С температурада ұңғымадан шыққан газ су көбіктерімен қаныққан. Егер газдан ылғал алынбаса, онда суық ауа-райында су салқындаған кезде газ құбырында су бөлінеді. Қыста, топырақтың мұздату аймағында газ құбыры өтетін жерлерде судың қатуы және мұз тығандарының пайда болуы мүмкін. Газ құбырында судың болуы жоғары

қысыммен және төмен температурамен ұштастыра отырып, газ құбырының кристалды гидратты тығындармен бітелуіне әкеледі [5].

Күкіртті сутек - газдағы зиянды қоспалар. Ылғал болған жағдайда, бұл құбырлар мен жабдықтардың коррозиясын жоғарылатады. Магистральдық газ құбыры арқылы тасымалданатын газдағы күкіртсутектің мөлшері 100 м<sup>3</sup> газға 2 г-ден аспауы керек. БКС күкіртсіздендіру қондырғысында газ көрсетілген жағдайға жеткізіледі. Газды шаңнан тазарту компрессорлық станция жабдықтарын ерте тозудан сақтайды. Оларда газ бағытын күрт өзгертеді, қалқымалы заттар түсіп, майға сіңеді. Көрсетілген негізгі технологиялық процестерден басқа компрессорлық станцияда көмекші процестер жүзеге асырылады, ол үшін келесі жүйелер қарастырылған:

- компрессорлар мен қозғалтқыштарды салқындетуға арналған айналым;
- машиналарды жабық маймен толтыруға және оны қалпына келтіруге арналған құрылғылар;
- желдету, сумен жабдықтау және жылумен қамтамасыз ету.

## **1.2 Газтурбиналы жетегі бар компрессорлық станцияларды орналастыру**

Негізгі агрегат типі бойынша газ айдау станциялары ішкі жану қозғалтқышымен қозғалатын поршенді және газ турбины немесе электр қозғалтқышымен қозғалатын орталықтан тепкіш болып бөлінеді.

Газ турбины магистральдық газ құбырларында жиі кездеседі, өйткені айдалатын газ өзі үшін энергия көзі болып табылады. Газ турбиналары, басқа түрлерден айырмашылығы, бірқатар жағымды қасиеттерге ие: суық күйден жылдам іске қосу, салыстырмалы түрде жоғары тиімділік, кішігірім өлшемдер, қарапайымдылық және құрылымдардың сенімділігі, бір блоктағы үлкен қуат, айтарлықтай дірілдің болмауы [4].

Компрессорлық станциялар тізбектей және параллель жұмыс істейтін айдағыш жұмыс істейді. Тізбектей жұмыс кезінде әр айдағыш газ крандарының екі еселенген санымен жабдықталған. Әр түрлі өзгерістері бар мұндай схема екі немесе тіпті үш қондырғыны толық ағынды төмен қысымды айдағыштармен дәйекті түрде жүргізу қажет болғанда жүзеге асырылады. Толық қысымды айдағыштар параллель жұмыс жасағанда, компрессорлық станцияның технологиялық схемасы айтарлықтай жеңілдетіледі, өйткені айдағыштардан кейінгі ауа ауа салқындеткішқа (АС) бірден түседі.

Көп жағдайда ГАА жобалау сызбасы және оның параметрлері оның мақсатымен анықталады:

- магистральдық газ құбырлары арқылы газды тасымалдау;
- сарқылатын кен орындарында газды сығымдау;
- қабатқа газ айдау.

### 1.3 Компрессорлық станция режимдері

Компрессорлық станция тұтынуға қарамастан тұрақты түрде шығатын газдың максималды тұрақты қысымын ұстап тұруы керек. Басқаша айтқанда, компрессорлық станция оңтайлы газ құбыры режимдерін қамтамасыз етуді ескере отырып, кез-келген уақытта тұтынушыға қанша қажет болса, сонша газ айдау керек. Газ құбыр арқылы ағып жатқанда, газдың қысымы жоғалады, оны келесі теңдеумен көрсетуге болады (құбырдың соңғы нүктелері арасындағы айырмашылықты ескермей) [8].

$$\Delta P = v^2 \rho \left( \alpha \frac{L}{d \cdot 2g} + \frac{\sum \xi}{2g} \right), \quad (1.1)$$

мұндағы  $v$ - құбырдағы газдың жылдамдығы;

$L$ - ұзындығы;

$d$ - құбырдың диаметрі;

$\alpha$ - үйкеліс коэффициенті;

$\sum \xi$ - кедергілер қосындысы;

$\rho$ - газдың тығыздығы ;

$\rho$ - ауырлық күшінің үдеуі.

Стационарлық ағын кезінде жақша ішіндегі мәндер тұрақты қабылдануы мүмкін:

$$\left( \lambda \frac{L}{d \cdot 2g} + \frac{\sum \xi}{2g} \right) = C, \quad (1.2)$$

Содан кейін қысым жоғалту формуласы келесідей жазылады:

$$\Delta P = C * v^2 \rho, \quad (1.3)$$

Газды құбыр арқылы тасымалдау үшін қажет қуат

$$N = \frac{\Delta P * G_r}{\rho}, \quad (1.4)$$

мұндағы  $G_r$ - газдың массалық шығыны.

Стационарлық газ ағынында масса жылдамдық пен тығыздықтың көбейтіндісіне пропорционалды екенін ескере отырып:

$$G_r = c_1 v \rho, \quad (1.5)$$

және тығыздық қысымға пропорционалды:

$$\rho = c_2 p, \quad (1.6)$$



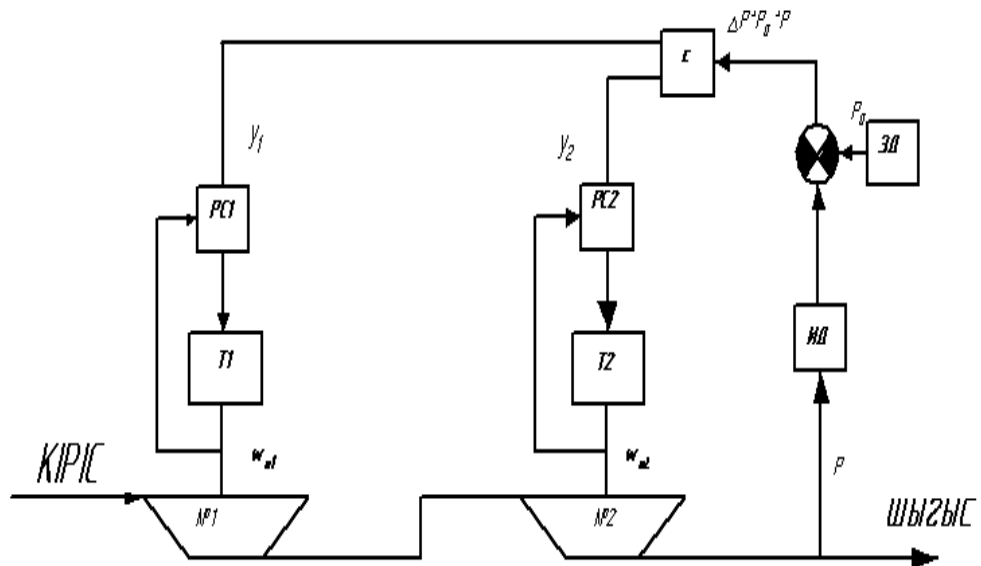
қуат формуласын келесідей жазуға болады:

$$N = \frac{pG_r}{\rho} = \frac{Cv^2\gamma G_r}{\rho} = \frac{CG_r^3}{c_1^2 * \rho^2} = \frac{CG_r^3}{c_1^2 * c_2^2 * \rho^2} = C_1 \frac{G_r^3}{\rho^2}. \quad (1.7)$$

Алынған формула, айдау үшін қуат шығыны тұрғысынан, құбырдағы газ қысымын жоғарылатудың тиімді екендігі туралы қорытындыға әкеледі.

Дегенмен, максималды қысым құбырлардың беріктігімен шектеледі. Сондықтан, нақты жұмыс жағдайында олар станцияның шығысындағы газ қысымын айнымалы ағындар деңгейінде рұқсат етілген шекті деңгейде ұстап тұруға тырысады. Қуат формуласына қайта оралайық (1.7). Станция газ шығыны мен қысымның төмендеуіне сәйкес қуаттылығын көбейту керек. Біркелкі емес газ шығыны бар сорғы режимдерінің әртүрлілігі шектеулі өнімділігі бар бір газ турбиналық қондырғымен қамтамасыз етілмейді. Сондықтан оларды қосу үшін әртүрлі схемаларды қолданады [9].

Бірнеше газ турбиналық қондырғыларының тізбектей жалғануы берілген шығын жылдамдығында бір қондырғы қуаттың шектеулі болуына байланысты станциядағы қажетті қысымның төмендеуін қамтамасыз ете алмайтын жағдайда қолданылады. Әрбір газ турбинасының сенімді және үнемді жұмысы үшін жүктемелерді тарату қажет. Осы мақсат үшін қондырғыларға жүктеменің біркелкі бөлінуімен тұрақты шығыс қысымын қамтамасыз ететін машиналардың қосылу схемасы ретінде қызмет ете алады. Алайда, тізбектей қосылған екі айдағыш үшін режимдердің есептеулері көрсеткендей, ең үнемдісі - жүктемелердің біркелкі емес таралуы. Сонымен қатар, екінші айдағыш әрдайым максималды қуатта жұмыс істеуі керек.



Сурет 1.4 - Газ айдау агрегатының тізбектей жалғануы

Газ турбиналық қондырғының параллель қосылуы қуатты газ ағыны Gr-ді бір машинамен айдай алмаған жағдайда қолданылады. Сондықтан газ ағыны екі немесе одан да көп ағындарға бөлінеді, олар бөлек газ турбиналық қондырғылармен қысылады, ал қысымды арттырғаннан кейін ағындар қайтадан қосылып, жалпы газ құбырына түседі.

Сондай-ақ, р қысымы мен Gr ағыны өзгерген кезде машиналардың тізбекті және параллель қосылу тізбектері қажетті қуатты қамтамасыз етпейтін жағдай болуы мүмкін. Содан кейін тізбекті-параллель қосу схемалары қолданылады.

Станциядағы қысымды тұрақтандырудан басқа, басқару жүйесі тағы бірнеше маңызды функцияларды орындауы керек. Оларға газ турбинының газ ағынының жылдамдығына байланысты қосу және өшіру жатады. Газ шығыны артып, станцияның қысымы төмендейді делік. Екі турбина сәйкесінше айналу жылдамдығын арттырады. ПӘК-тің төмендеуі басталуы мүмкін және шектеулі жағдайда жұмыс істейтін екі турбинаның қажетті газ шығынын қамтамасыз етпейтін кезі келеді. Бұл үшінші турбинаны қосып, үшеуін де тиісті режимге келтіру қажет дегенді білдіреді [7].

Газ шығыны азайған кезде бір турбинаны өшіру керек, бірақ қалған екеуі қажетті ағынды қамтамасыз етуі керек. Бұл операциялар әсіресе турбиналар тізбектей-параллель жалғанған кезде қиындатады.

#### **1.4 ГАА-ның классификациясы**

Әдетте ГАА-ты функционалдық сипаттамаларына, жұмыс принципіне және жетек түріне қарай жіктеледі.

Функционалды жіктеу:

- Сызықтық және күшейткіш компрессорлық станцияларға арналған ГАА;
- жерасты газ қоймалары (ЖГК);
- арнайы технологиялар (газды қабатқа қайта айдау, газлифт, ілеспе газды жинау және тасымалдау және т.б.).

Іс-әрекет принципі бойынша жіктеу:

- орталық айдағышы бар ГАА;
- Поршенді айдағыштары бар ГАА.

Орталықтан айдағыштар салыстырмалы түрде жоғары өнімділік пен қуаттар үшін, поршеньді - салыстырмалы түрде аз қуаттар үшін қолданылады, мұнда олар тиімділігі жағынан неғұрлым қолайлы болады немесе кең ауқымда жұмыс режимдерін өзгерту қажет болады [15].

Қазақстан Республикасындағы газ құбырларында орталықтан айдағыш суперқуаттандырғыштары бар ГАА-тар басым. Сондықтан төменде тек осы типтегі ГАА қарастырылады.

Жетектің типі бойынша жіктеу. ГАА-да жетек бойынша газ турбиналы қозғалтқыштар (стационарлық және авиациялық типтер), электр қозғалтқыштар мен газ қозғалтқыштар (поршень, газқозғалтқыш компрессорлары) қолданылады. Алғашқы екі түрі ең кең таралған. Жетектің түрін таңдау

техникалық-экономикалық есептеулер мен маңызды көрсеткіштерді салыстыру негізінде жүзеге асырылады. (кесте.1.1)

### 1.1 Кесте - Айдағыш түрін таңдауға арналған салыстырмалы мәліметтер

Мінездеме	Айдағыш түрі	
	поршеньді	орталықты
Өнімділік, м/с	1.5 дейін	шектеусіз
Пайда болған қысым, МПа	шектеулі	бір корпуста 25 МПа дейін
Үнемдеу жұмысы (ПӘК)	төмен өнімділікте жоғары	жоғары өнімділікте жоғары
Айнымалы жетектерге тікелей қосылу	беріліс механизмін қажет етеді	рұқсат етіледі
Газбен жабдықтаудың біркелкілігі	Пульсерленген	біркелкі
Динамикалық тепе-теңдік	шамалы	жақсы
Материалдың меншікті шығыны, т/кВт	жоғары	салыстырмалы түрде
Эксплуатация	қиындау	қарапайым

### 1.2 Кесте - Жетекті таңдауға арналған салыстырмалы мәліметтер

Мінездеме	Электр жетекті	Газтурбиналы
Электрмен жабдықтау шарттары	сенімді көз болған кезде артықшылық беріледі	газ өндіретін және өңдейтін жерлерде, жетуге қиын жерлерде артықшылық береді.
Айдалатын газ шығыны	жоқдеуге болады	жанармай газы қажет
Энергиямен жабдықтау	екі қуат жүйесін қажет етеді	қажеті жоқ, өйткені ол айдалатын газда жұмыс істейді
Энергия ресурсы бойынша ПӘК	ЖЭС және электр қуатын қосқанда 36-37%	26-28%
Жетектің сенімділігі	5-6 жыл	Жеткіліксіз. Резервтік турбиналар қажет
Қызмет мерзімі	15-20 жыл	10 жыл
Редуктордың болуы	қозғалтқыш басқарылған кезде қажет	Талап етілмейді
Пайдаланудың еңбек сыйымдылығы	төмен (пайдалану персоналының саны ГТҚ-ға қарағанда 25%-ға төмен)	Жоғары
Техникалық қызмет көрсетудің күрделілігі	қарапайым	Күрделі (жану камерасы жылына бір рет ауыстырылады). Газ турбиналы қозғалтқышты күрделі жөндеу құны электр қозғалтқышына қарағанда 10 есе жоғары)
Реттеу мүмкіндіктері	шектеулі	Мүмкіндік көп

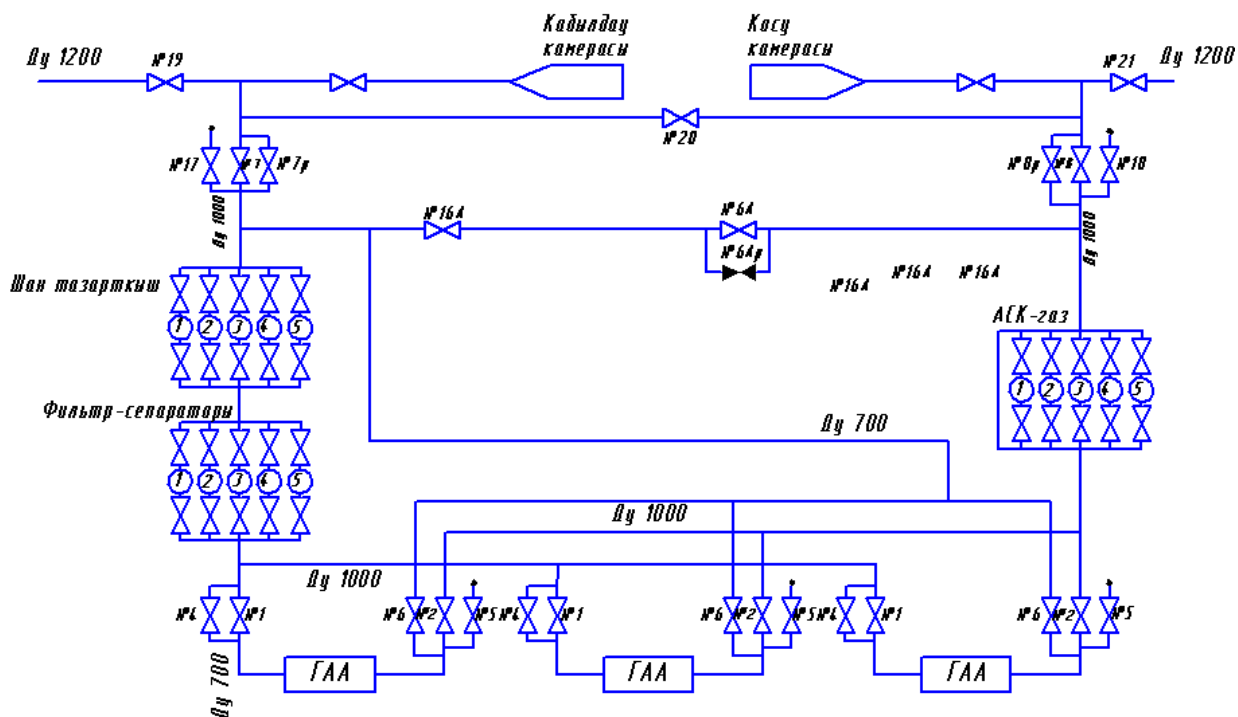
#### **1.4.1 Магистральдық газ құбырларындағы газ турбиналы жетегі бар компрессорлық станцияның технологиялық сызбасы**

Компрессорлық станцияның технологиялық сызбасы орнатылған жабдықтың түріне, параллель немесе тізбектелген қондырғылар топтарының санына, магистральдық газ құбырының өткізу қабілетіне байланысты. Алайда, негізгі жабдыққа қарамастан, компрессорлық станциялардың технологиялық сызбасы келесі қондырғылардан тұрады: газды қабылдау, реттеу және өлшеу, компрессорлық станцияның қабылдау кезінде газды тазарту, газды сығымдау, газды салқындату, май қондырғылары, айналмалы сумен жабдықтау және қуат көзі [6].

Компрессорлық станцияның барлық негізгі және қосалқы жабдықтары құбыр желісі арқылы қосылған. Газ айдайтын қондырғыларды құбыржолдармен жабдықтау техникалық жобасында күрделі және сөндіргіш, бақылау және қауіпсіздік клапандарына толы.

Газтурбиналық жабдықтары бар компрессорлық цех газ өткізбейтін металл диафрагма арқылы екі бөлімге (машина және айдау бөлімі) бөлінеді. Айдау залында фундаментке орналықтан айдау орнатылған. Айдау бөлімінде фундаментке орталықтан айдау орнатылған. Сорғыш және айдау газ құбырлары іргетас деңгейінен төмен, ал төбесінде - жүк көтергіштігі 2-5 тонна кран-балка орналастырылған. Іргетаста ГТҚ-ның келесі негізгі түйіндері орналастырылады: ауа компрессоры, жоғары және төмен қысымды турбиналар. Төменгі іргетас деңгейіне жану камерасы, май блогы, регенераторлар мен түтін мұржасы, газ өткізгіштері мен ауа өткізгіштері орнатылған. Түтіндер компрессорлық цехтың қабырғасының артына орнатылған. Цех бойында май құбырлары, су салқындатқыш және жанармай құбырлары, іске қосу және импульсті газ құбырлары үшін оларға әр ГТҚ-ға салалық құбырлармен қосылады. Орнату және жөндеу жұмыстарын жүргізу үшін машина бөліміне жүк көтергіштігі 20 тонна кран-балкамен жабдықталған.

Сурет 1.5 толық қысымды айдағыштарды қолдануға арналған ГАА параллельді құбыр өткізгіштігі бар компрессорлық станцияның сызбанұсқасын көрсетеді. Осы схемаға сәйкес, №19 қауіпсіздік клапаны арқылы номиналды диаметрі 1220 мм (Ду 1200) магистральдық газ құбырынан газ компрессорлық станцияны магистральдық газ құбырына қосу торабына беріледі. № 19 кран магистральдық газ құбырын компрессорлық станциядан қосылу нүктесінде. Компрессорлық станцияның технологиялық құбырларында немесе газ компрессорлық станциясының құбырларында кез-келген төтенше жағдайлар туындаған кезде автоматты түрде ажыратуға арналған.



Сурет 1.5 - КС-дағы ГАА-ның параллель орналасу принципті технологиялық схемасы

№19 краннан кейін газ №7 кран кірісіне ағады. №7 кран компрессорлық станцияны магистральдық газ құбырынан автоматты түрде ажыратуға арналған. №7 кіріс клапанында компрессорлық станцияның барлық технологиялық құбыр жүйесін газбен толтыруға арналған, айналмалы клапан №7р бар. Магистральдық газ құбырындағы және стансаның технологиялық коммуникацияларындағы қысымды №7р клапан көмегімен теңестіргеннен кейін ғана №7 клапан ашылады. Бұл №7 клапанды ашқан кезде пайда болатын газодинамикалық соққының алдын алу үшін жасалады.

№7 клапаннан кейін бірден газ ағыны бойында №17 шам клапаны орнатылады. Ол оларға техникалық қызмет көрсету кезінде станцияның технологиялық коммуникацияларынан атмосфераға газ шығаруға қызмет етеді. Ол компрессорлық станциядағы төтенше жағдайлар кезінде осындай рөл атқарады.

№7 краннан кейін газ шаң жинағыштар мен сүзгі-сепараторлар орналасқан тазарту қондырғысына түседі. Оларда газ механикалық қоспалар мен ылғалдан тазартылады.

Тазартудан кейін газ Ду 1000 құбыр желісі арқылы компрессорлық цехтың кіріс коллекторына өтеді және Ду 700 ГАА-ның кіріс құбырлары арқылы №1 клапан арқылы орталықтан айдағыш кірісіне таратылады [7].

Газ орталықтан тепкіш айдағышта сығылғаннан кейін, газ бақылау клапанынан, №2 шығыс клапанынан өтіп, Ду 1000 құбыр желісі арқылы газ салқындату қондырғысына (ГСК) түседі. Салқындатқыштан өткеннен кейін Ду

1200 құбыр желісі бойынша ағын желісі бойынша газ, №8 шығыс клапаны арқылы магистральдық газ құбырына түседі.

Газ құбырынан газдың кері ағынын болдырмауға арналған №8 клапанның алдында кері бақылау клапаны орнатылған. Бұл газ ағыны, егер ол №8 клапан ашылғанда пайда болса, орталықтан тепкіш айдағыштың және электр турбиналық ротордың кері айналуына әкелуі мүмкін, бұл сайып келгенде компрессорлық станцияны апатқа әкеледі.

Компрессорлық станцияның қосылу қондырғысында орналасқан №8 клапанның мақсаты №7 клапанға ұқсас. Бұл жағдайда газ атмосфераға №18 клапан арқылы шығады, ол газ ағыны бойында №8 клапанның алдында орнатылған.

Компрессорлық станцияның кіріс және шығыс құбырлары арасындағы қосуға арналған Ду 1200 қосымша құбыр орнатылған, және оған №20 клапаны орнатылған. Бұл секіргіштің мақсаты - компрессорлық станцияны тоқтату кезеңінде оны айналып өтіп, транзиттік газбен қамтамасыз ету (№7 және №8 клапандары жабық; №17 және №18 штепсельдері ашық).

Магистральдық газ құбырында, компрессорлық станциядан кейін, №19 қауіпсіздік клапанымен тағайындалған сияқты №21 қауіпсіздік клапаны орнатылады.

Технологиялық газ коммуникациялары компрессорлық станция ішінде газ тасымалдауды қамтамасыз етеді. Технологиялық газ құбыр желісі жалпы тоңазытқыштардан, май ұстағыштардан, май жинағыштардан және клапандардан, газды тазартуға арналған қондырғыларды тұрады. Майлы типтегі шаң жинағышта газ механикалық қоспалар мен ылғалдан тазартылады. Жұқа шаң мен май бөлшектерінен газды соңғы тазарту скрубберде (допты шаң жинағышта) жүргізілуі керек. Ластанған майды төгу, шламды алып тастау және шаң жинағышқа жаңа май құю қондырғыны өшірмей жүргізіледі .

*Газ жанармай коммуникациясы.* Газ жанармайы газ турбиналық қондырғының жану камераларына магистральдық газ құбырынан немесе технологиялық байланыс арқылы жеткізіледі. Компрессорлық станциядағы отын газының қысымын төмендету үшін автоматты басқарылатын редукциялау пункті , екі параллель қысым реттегіштерімен, шығын өлшегіштермен және май бөлгіштермен жабдықталған. Әрбір газ турбиналық қондырғы коллектордан тәуелсіз отынды газ құбыры бар [5].

*Іске қосу газының коммуникациясы.* Турбодетандердің іске қосылатын турбинасына арналған газ турбинасын іске қосу үшін керек газ.

*Май беру жүйесі* қондырғының мойынтіректеріне, айдағыштың гидравликалық тығыздағышына май жеткізуге арналған, аппараттар мен аспаптар - газтурбиналық қондырғыны басқаруға және қорғауға арналған. Мақсатына байланысты май қондырғыға әр түрлі қысыммен беріледі. КС май жүйесі дизельді және турбиналық майды сақтауға арналған цистерналардан, турбиналық майды регенерациялау қондырғысынан, сорғылардан, май сепараторынан және басқа құрылғылардан тұрады.

*Су мен майды салқындату жүйелері.* Қондырғыларды пайдалану жөніндегі нұсқаулыққа сәйкес ГАА турбиналық майының температурасы 35-50 °С болуы керек. Компрессорлық станцияда турбиналық май салқындатқыштардағы айналымды сумен немесе ауа салқындатқыштардағы ауамен салқындатылады. Айналымдағы су салқындатқыш мұнараларда немесе ауа салқындатқыштарда салқындатылады. Жүйе салқындатқыш мұнарадан немесе ауа салқындатқыштан, циркуляциялық сорғылардан, құбыр жүйелерінен, өшіру және сақтандыру клапандарынан, сүзгілерден және басқа элементтерден тұрады. Компрессорлық станцияларда бір секциялы және көп секциялы, жасанды желдеткіші бар ашық және тамшылы қарсы ағынды салқындату мұнаралары қолданылады. Салқындатқыш мұнаралар май салқындатқыштардан келетін судың ауамен салқындауын, сондай-ақ технологиялық газдың суын салқындатуды қамтамасыз етеді. Май салқындатқыштарында қыздырылған су салқындатқыш мұнараның жоғарғы жағына айдалады, ол шашырап, төмен қарай ағып, қоршаған ауамен жанасқанда салқындатылады. Салқындатуды жақсарту үшін мұнараның жоғарғы жағында ауаны төменнен жоғарыға жылжыту үшін желдеткіштер орнатуға болады. Газ салқындатқыштары салқындатқыш мұнараның төменгі жағында орналасқан. Олар спреймен және жоғарыдан төмен қарай ағып жатқан су арқылы салқындатылады. Салқындатқыш мұнараға кіретін су шұңқырға және бассейнге жиналады, ол жерден айналым сорғылары арқылы алынады.



Сурет 1.6 - Газ жылыту қондырғысы

Компрессорлық станциядағы ауа салқындатқыштар турбина майын тікелей салқындату үшін де, аралық жылу тасымалдағыш - айналмалы су үшін де қолданылады. Төмен температура отратсында АСҚ аралық контурындағы судың орнына антифриз қолданылады. АСҚ түтіктерінде май, су немесе антифриз айналатын жылу алмастырғыштардан және электр желдеткіштерінен тұрады. Электр қозғалтқыштар желдеткіштермен редуктор немесе белдік

арқылы қосылады. Желдеткіш қалақтары айналмалы болуы мүмкін. Сонымен қатар, ауа ағынының жылдамдығын реттеу үшін АСҚ-ның кірісі немесе шығысында жалюзилер орнатылады. Ауа салқындатқыштары ашық ауада немесе компрессорлық цех ғимаратының жанындағы арнайы бөлмелерде орналасқан [1].

*Компрессорлық цехтың өрт қауіпсіздігі жүйесі* өрт туындаған кезде сигнал берілсе және оларды автоматты немесе бақыланатын сумен, көбікпен немесе көмірқышқыл газымен жабдықтау арқылы жоюға арналған. Өрт қауіпсіздігі жүйесіне мыналар кіреді: өрт сөндірудің автоматты құралдары мен әр қондырғыға арналған өртті сөндіру жүйесі бар жалпы көбік өрт сөндіру жүйесі; жылдың кез келген уақытында өртке қарсы қажеттіліктерді сумен жабдықтауды қамтамасыз ететін өртке қарсы сумен жабдықтау жүйесі; өрттен қорғау құралдарының орнатылған жиынтығымен, өрттен қорғау ережелері мен ережелеріне сәйкес өрт сөндіру гидранттары, пеналы және көмірқышқыл газы бар өрт сөндіргіштер, құм жәшіктері және басқалары бар қалқандар; өрт сөндіру қызметін шақыруға және ерікті өрт сөндіру жасағын жинауға арналған байланыс және сигнал беру құралдары. Өрт сөндіру және өрт сигнализациясы жүйелерін цехтың ауысым персоналы үнемі қадағалап отырады.

*Электрмен жабдықтау жүйесі* компрессорлық цехтың негізгі және қосалқы жабдықтарын электр қуатымен қамтамасыз етуге арналған. Бұл жүйе: электр қозғалтқыштарын басқаруға, электр аспаптарын басқаруға және қондырғыны автоматты басқаруға, жарықтандыруға және т.б. қызмет ететін айнымалы ток жүйесі; күту режиміндегі май - турбинаның сорғыларын басқаруға, релелік қорғаныс және электроавтоматика тізбектерін, аспаптар мен автоматика тізбектерін, аспаптарды, құрылғыларды және авариялық жарықтандыруды қамтамасыз ететін тұрақты ток жүйесіне. Электрмен жабдықтау жүйесіне техникалық қызмет көрсетуді электрмен жабдықтау қызметінің персоналы электр энергиясын тұтынушылардың электр қондырғыларын техникалық пайдалану ережелеріне сәйкес жүзеге асырады.

*Желдету, ауа баптау және жылыту жүйесі* қазіргі санитарлық-технологиялық стандарттардың талаптарына сәйкес компрессорлық цех бөлмелеріндегі ауа ортасының параметрлерін ұстап тұруға арналған. Жүйеге мыналар кіреді: батарея бөлмесінен басқа компрессорлық цехтың барлық бөлмелерінде табиғи желдету; аккумулятор және химиялық зертханадағы жабдықтау және шығару желдеткіші; қозғалтқыш бөлмесінде және айдағыштар галереясында дәл жылыту желдеткіші; үрлеу галереясындағы апаттық шығатын желдету; майды қалпына келтіру бөлмелерінде, механикалық шеберханада, басқару бөлмесінде пайдаланылған желдету; кондиционер қондырғылары; жылыту және рециркуляциялық қондырғылар; жылу желісі бар батареяларды жылыту. Химиялық зертхананың жұмыс бөлмелері жалпы сорғыш және шығару желдеткішінен басқа, жергілікті сорғышпен де жабдықталған. Төтенше шығару желдету 8 есе ауа алмасуды қамтамасыз етеді және газ анализаторларынан, сигнал беретін құрылғылардан ауада 1% газ болған кезде автоматты түрде қосылады. Желдету қондырғыларының жұмысына, әдетте,



электрмен жабдықтау қызметінің қызметкерлері жауап береді. Компрессорлық цехтың жылу жүйесін жылумен жабдықтауды газ турбиналық қондырғыларының ішкі жану газымен, ыстық су, бу қазандықтары, жылу алмастырғыштармен жүзеге асыруға болады.

*Сығылған ауа жүйесі* ауа шығыны мен қысымын компрессор цехының жабдықтарына қызмет көрсету, басқару жүйесін реттеу, ГТҚ-ны салқындату жүйелерін тексеру, пневматикалық қондырғылар мен приборларға ауаны жөндеу және беру үшін қажет. Бұл жүйеге әр ГТҚ-нің осьтік компрессорының қосалқы қажеттіліктерге және ауа соруға арналған компрессор, сығылған ауаның коллекторы мен құбырлары, өшіру және сақтандыру клапандары, сығылған ауа қабылдағыштары кіреді. Компрессорлардан ауа сору желілеріне бақылау клапандары орнатылған. Қосымша компрессорға техникалық қызмет көрсету өндірушінің нұсқауларына сәйкес жүзеге асырылады.

Компрессорлық цехтың технологиялық схемаларының ерекшеліктері. Газ компрессорлық қондырғылары бар цех, әдетте, екі жұмыс тобын құрайтын бес агрегаттан тұрады. Бір агрегат - бұл қосалқы агрегат. Мұндай схемалардың ерекшелігі - ГТҚ ІІ, ІІІ, ІV технологиялық құбырларына орнатылған І режимді крандар тобын пайдалану. Бұл крандар әдетте келесідей нөмірленеді: №51 - №56. Цехтың жобалық схемасы келесідей: І және ІІ қондырғылар бірінші топты, ІV және V қондырғылар - екінші топты құрайды. Екі топ параллель жұмыс істейді. Әр топтың өзіндік сору және шығару клапандары бар. Агрегат шығысы станцияға өз тобының алтыншы крандары арқылы шығады. Сонымен бірге ІІІ қондырғы резервтік болып табылады және технологиялық схемаға сәйкес режим клапандарының көмегімен бірінші немесе екінші топтарда қолданыла алады [2].

Қозғалтқыштың түріне және қуатына байланысты толық қысымды ОТА бар әдетте цехта үштен алтыға дейін ГАА болуы мүмкін. Цехтың технологиялық сызбасы ішінара қысымды орталықтандырылған сорғы қондырғылары бар газ компрессорлық қондырғылардың екі тобының технологиялық схемасын іс жүзінде қайталайды. Айырмашылық тек цехта параллель орнатылған газ компрессорлық қондырғыларының санында, сондай-ақ сору және шығару циклдарының санында.

#### **1.4.2 ГАА-ның техникалық сипаттамаларына қойылатын негізгі параметрлер мен талаптары**

Газ айдау агрегатының басым көпшілігі магистральдық газ құбырларының компрессорлық станцияларында орнатылған, бұл компрессорлық станцияларды көбінесе сызықтық компрессорлық станциялар деп атайды. Магистральдық газ құбырларының ГАА -ның компрессорлық жетегі негізінен газ турбины болып табылады [9].

Барлық жетекті қондырғылар ішінде газ турбины қозғалтқышы бар ГАА үлесі белгіленген қуаттың 82-84% құрайды, қалғаны - электр жетектері құрайды.

Газ құбырларын жобалау мен пайдаланудың негізгі шарты - СКС газ компрессорлық қондырғысының қуаттылығы бойынша толық жүктемесі. Жетек

қуаты  $N$ , қысым коэффициенті  $\varepsilon$ , соңғы қысым  $P_{\text{шығ}}$  және сорғыш өнімділігі  $Q_H$  арасындағы тәуелділік келесі өрнекпен анықталады:

$$Q_H = \frac{N \cdot \eta_n \cdot \eta_{\text{мех}} \cdot \varepsilon \cdot Z_n R}{P_{\text{шығ}} \cdot H_n} \quad (1.8)$$

мұндағы  $H_n \approx \frac{n}{n-1} Z_n T_n R \left( \varepsilon^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right)$  - политропты қысу жұмысы;

$n$  - сығымдалған политропты көрсеткіш;

$Z_n$  - сору қысымына арналған газдың сығылу коэффициенті;

$T_n$  - сору температурасы;

$R$  - газ тұрақтысы;

$\eta_{\text{мех}}$  - Айдағыш пен трансмиссияның механикалық ПӘК-гі;

$\eta_n$  - Айдағыштың политроптық ПӘК-гі;

$P_k$  - Айдағыштың қысымы.

Газ айдау жабдықтарының түрін таңдау негізінен газ құбырының өткізу қабілеттілігімен анықталады. (1.8) өрнекте,  $N = \text{const}$  кезіндегі сору жағдайындағы көлемдік өнімділіктің мәніне  $\varepsilon$  және  $P_k$  айтарлықтай әсер етеді.  $\varepsilon$  таңдау газ құбырының жобалық схемасына байланысты. Газ құбырының белгілі өткізу қабілеті (өнімділігі) үшін компрессорлық станциялар арасындағы қашықтық (қадам) мен қысым қатынасы өзара байланысты екені анық.

Компрессорлық станциялар арасындағы қашықтық газ құбырының өткізу қабілеттілігін анықтайтын параметр болып табылады. Оңтайлы қашықтық - бұл нақты капитал салымдары мен тасымалдау газының бірлігіне (1000м<sup>3</sup>) пайдалану шығындарының минимумы. Қазіргі уақытта СКС арасындағы оңтайлы қадам 120 км деп есептеледі. Орта және оңтүстік ендіктерде бұл қашықтық біршама қысқа, солтүстік жағдайда СКС құрылысының қымбаттауына байланысты оңтайлы қашықтық сәл үлкенірек. СКС-қа күрделі салымдар магистральдық газ құбырына салынған күрделі салымдардың жалпы көлемінің шамамен 20-25% құрайтындығын ескеру қажет [14].

Қысымның орташа коэффициентінің 1,45-тен 1,25-1,15-ке дейін төмендеуімен (СКС арасындағы қадамның сәйкесінше төмендеуін ескере отырып), сәйкес, меншікті энергия шығындарының 15-20% төмендеуіне қол жеткізуге болады. Толық қысымды деп аталатын айдағыштарда кең қолданылады. ( $1.37 \leq \pi \leq 1.55$ ). Газ компрессорлық қондырғыларының параметрлік қатарының ауыспалы ағыны бар толық қысымды айдағыштарда қолдану, әр түрлі диаметрлі газ құбырларында оңтайлы СКС-ның стандартты өлшемін алуға мүмкіндік береді. ГОСТ 17140-79 сәйкес ГТҚ үшін газ турбиналық жетектерінің параметрлік диапазонына сыйымдылығы 4,6.3; 10; 25 және 40 МВт газ турбиналық қондырғы кіреді. Жоғарыда көрсетілген қуатқа сәйкес келетін айдағыштардың параметрлік диапазоны (ГОСТ 23194-83) әзірленеді. Бұл серия шығыс-кіріс қысым коэффициенттерінің параметрлерін қамтиды -  $\pi = 1,23; 1,37; 1,44; 1,50; 1,55$ , тек 16 МВт қондырғы толық қысымды айдағыштармен

камтылады. Мәліметтерге сәйкес, көрсетілген параметрлік сериялардың айдағыш қондырғылар мен газ турбиналық қондырғыларының іске қосылуы қымбат тұратын сөндіргіш клапандарға деген қажеттілікті 1,7 есеге азайтуға, схеманы жеңілдетуге және құбырға күрделі салымдарды шамамен 1,8 есеге азайтуға мүмкіндік береді. Газ айдау станциясының, компрессорлық станцияның құрылысына кететін еңбек шығындарының үштен бірін қысқартуға, жүктеме мен ГАА пайдалану тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Осыған қарамастан,  $\varepsilon$  1,45-тен 1,35-ке дейін төмендеуі КС қадамының 14% -ға төмендеу өнімділікті бір деңгейде ұстап тұрып, энергияны тұтынуды 7% -ке төмендетеді ( $\varepsilon = 1,45$  сияқты).

Газ тасымалдау үшін жалпы энергия шығынының 10-12% -ға төмендеуі  $\varepsilon = 1,45$ -тен  $\varepsilon = 1,28 \div 1,32$ -ге көшу кезінде газ құбыры трассасы бойынша компрессорлық станциялар санының аз өсуімен (30%-дан 40% -ке дейін) зерттеуде де берілген. Сонымен қатар, гипрогазда жүргізілген техникалық-экономикалық талдау нәтижесінде газ құбырының жалпы сыйымдылығының едәуір төмендеуіне (30% дейін) газ компрессорлық қондырғысын пайдалану кезінде  $\varepsilon = 1,06 \div 1,1$  қол жеткізуге болатындығы дәлелденді.

Мұндай параметрлерді газ құбырының ұзындығы бойынша электрмен жетекті газ компрессорлық қондырғыларында алу ұсынылған және автоматика мен телеметриялық басқарудың жоғары дәрежесінде жасалған. Газ компрессорлық қондырғыларына арналған электр жетегін кеңінен қолдануды және, әрине, осындай өте прогрессивті газ құбыры схемасын жүзеге асыруды тежейтін кемшіліктердің бірі оның айналу жиілігі бойынша бақыланбайтындығы ( $N = 10 \div 25$  МВт үшін). Сонымен қатар, (5) сәйкес, СТД-12500 электр жетегі бар ГТҚ жұмысының сенімділігі газ турбиналық жетегіне қарағанда 2-2,5 есе төмен.

Ұзақ уақыт бойы  $P_y$  газ құбырларының диаметрі 800 және 1020 мм диаметрі 5,5 МПа (55 кгс / см<sup>2</sup>) аспады. 1971 жылдан бастап жаңа технология енгізілді - диаметрі 1220 және 1420 мм құбырлар бір мезгілде  $P_y$  7,5 МПа (75 кгс / см<sup>2</sup>) дейін жоғарылатумен қолданылады. Қазіргі уақытта жаңа айдағыштар тек 7,5 МПа дейінгі  $P_y$ -ге арналған.

Белгілі болғандай, жұмыс істейтін газ қысымының 7,5-тен 10 МПа-ға дейін артуы қалған техникалық-экономикалық көрсеткіштерді өзгеріссіз ұстай отырып, газ құбырының оңтайлы өткізу қабілетін 30% арттыруға мүмкіндік береді. Бұл қысым үшін (ГОСТ 23194-83 бойынша) қуаты кемінде 16 МВт болатын ГАА қарастырылған.  $P_y = 12$  МПа үшін көп қабатты құбырларды пайдалану бойынша дамыту жүріп жатыр.

Газдың тығыздығын қысымның жоғарылауымен ғана емес, оның температурасының төмендеуімен де арттыруға болады. Техникалық-экономикалық зерттеулер газы  $P_y = 12$  МПа және  $-30^\circ\text{C}$  -тан (22) және  $-73^\circ\text{C}$  дейін газ температурасында газды тасымалдау жасады. Орташа салқындату ( $-30^\circ\text{C}$  дейін) өткізу қабілетін 22-30%, ал тереңірек шамамен 50% артырады. Бұл ұсыныстарды іске асырудағы басты кедергі - сенімді және экономды суыққа төзімді құбырлардың болмауы [12].

ГАА СКС газ құбырлары негізгі мақсаттағы қондырғыларға жататындығына қарамастан, олардың жұмыс режимдері кең ауқымда өзгереді. Мұның себептері әр түрлі маусымдарда және күндізгі уақытта төтенше жағдайлар кезінде газды тұтынудың біркелкі болмауы. Сонымен қатар, жұмыс режимінің жобадан ауытқуы, ГОСТ 23194-83 сәйкес қабылданған есептелгеннен тасымалданатын газ құрамының айырмашылығынан туындайды.

Осылайша, ГПА айдағыштарының жұмыс қысымының диапазоны 5,5-12 МПа (55-120 кгс / см<sup>2</sup>) құрайды,  $\pi$  мәндері 1,1-ден 1,55-ке дейін өзгеруі мүмкін, сору температурасы  $-70^{\circ}\text{C}$ -тен  $+ 27^{\circ}\text{C}$ -қа дейін және одан жоғары. Айдау қондырғыларының ерекше конструкцияларының көп мөлшері газ турбиналары мен электр қозғалтқыштарының кең диапазонымен, олардың айналу жиілігіндегі айырмашылығымен, сондай-ақ айдау қондырғыларының әртүрлілігімен түсіндіріледі. Газ компрессорлық қондырғылары мен айдағыштарға қойылатын техникалық талаптар ГОСТ 17140-79 мемлекеттік стандарттарында толығымен көрсетілген. ГОСТ 23194-83, ГОСТ 23690-79 және ГОСТ 21199-75.

Айдағыш корпусының беріктігі мен герметикалығын тексеру, жұмыс доңғалақтарының үдеу сынақтары (жылдамдықтың жоғарылауы кезінде), діріл және шуыл сынаулары ГАА сенімділігін арттыруға ықпал етеді.

Сенімділік бағасы жалпы агрегаттың және оның жекелеген қондырғыларының қызмет ету мерзімін тікелей компрессорлық станцияда тексеру нәтижелері бойынша бағаланады. Жұмыстың осы кезеңінде ГАА тұтынушыларымен (компрессорлық станцияның жұмыс істейтін персоналы) кері байланысты ұйымдастыру маңызды. Операциялық деректерді жинау, жүйелеу және өңдеу ГАА тұтастай алғанда, оның жүйелері мен қондырғыларының сенімділігі туралы статикалық деректерді алуға мүмкіндік береді. Сенімділікті анықтауда ақпаратты жинау және өңдеу жүйесі тиісті ГОСТ 20307-74 және 19490-74 және салалық нұсқаулықтармен реттеледі. Өзірлеушілерді қажетті ақпараттармен таныстыру және ГАА-ның сенімділігі мен ресурсын арттыру бойынша ұсыныстар беру мерзімдерін жеделдету үшін ГАА мен оның негізгі түйіндерінің жұмысын талдауға арналған автоматтандырылған жүйелер жасалуда.

ГАА күйінің техникалық диагностикасын жасау үшін мәліметтер алу мақсатында жүйелер мен тораптардың жұмыс істеу мерзімді сынақтары да жүргізіледі. Техникалық диагностиканың мәні ГАА қондырғылары мен жүйелерінің техникалық жағдайын дамытусыз және бөлшектемей бағалау, бірақ анықтаушы параметрлерді бақылау болып табылады. Қазіргі кезде техниканың әдіснамалық негізі қарқынды дамып келеді [11].

Техникалық диагностиканың міндеттері:

ГАА-ның техникалық жағдайы туралы ақпарат беру және профилактикалық қызмет көрсету мен жөндеуге қажетті жұмыстар бойынша ұсыныстар беру;

- ақаулар туралы ескертулер беру және ақаулы тораптардың жұмыс уақытын бағалау;

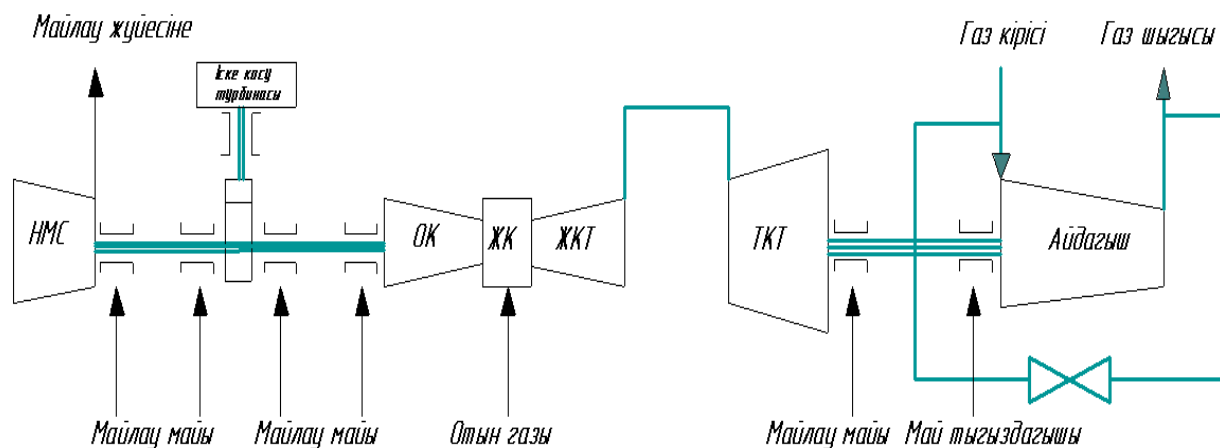
техникалық жағдайдағы шектеулерді ескере отырып, газ компрессор қондырғысының оңтайлы жұмыс режимдері бойынша ұсыныстар беру және осы деректерді газ құбырының процестерін басқарудың автоматтандырылған жүйесіне жіберу.

Газпромның бас кәсіпорны Orgtech Diagnostics әзірлеген ГАА-ның диагностикалық жүйесі сонымен қатар газ турбиналық қондырғы мен супер зарядтағыштың қуаты мен тиімділігінің өзгеруін бақылауды және болжауды қамтамасыз етеді. Операциялық тәжірибе жұмыстың негізгі бағыттарын бөліп көрсетуге мүмкіндік берді: анық формада ақауларды анықтау әдістері мен техникалық құралдарын құру және оларды сандық бағалау, диагностикалық пункттер мен қызметтердің оңтайлы схемасын ұйымдастыру.

Ең маңызды бағыт - бұл ГАА техникалық жағдайының модельдерін құру (диагностикалық алгоритмдер). Бұл мақсатқа жетудің құралы - бұл ГАА блоктары мен жүйелеріндегі ақауларды анықтау. Автоматтандырудың операциялық жүйелері мүмкін ақауларды шамамен 50% анықтауға мүмкіндік береді, дегенмен, көп жағдайда диагностиканың тереңдігі шамалы. Ақаулық белгілері туралы неғұрлым сенімді мәліметтер алу үшін арнайы техникалық құралдар жасалуда: ресурстарды өлшеу құралдары, дірілді диагностикалау құралдары, тораптар мен бөлшектерді визуалды тексеруге арналған құрылғылар - бароскоптар және т.б.

### 1.4.3 ГТК-10 газ компрессорлық қондырғысы

Барлық модификациялар ашық циклде жылу энергиясын қалпына келтірумен, бос қуат турбинасымен жүзеге асырылады. Бұл қондырғының жоғары тиімділігі мен маневрін қамтамасыз етеді. Бұл газ құбыры жүйесіндегі жұмыс жағдайына қойылатын талаптарға толығымен сәйкес келеді. ГТК-10-4, алғашқы екі модификациядан айырмашылығы, тік орналасқан жану камерасына ие, тік турбина кіретін құбырдан ілінген [7].



Сурет 1.7 - ГТК-10 газ айдау қондырғысы

мұндағы ІҚТ - іске қосу турбины;  
ЖҚТ - жоғары қысымды турбина;  
ОК - осьтік компрессор;  
ЖК - жану камерасы;  
ТҚТ - төмен қысымды турбина;  
НМС - негізгі май сорғысы.

Жылу энергиясын механикалық жұмысқа айналдыру процесі турбинаның түріне байланысты әр түрлі жүруі мүмкін. Жұмыс денесі тек қозғалмайтын саптамаларда кеңейетін турбиналар белсенді деп аталады. ГАА-дағы белсенді турбиналар ретінде іске қосылатын турбина-турбодетандерді айтуға болады.

Жұмыс денесінің кеңеюі оның жұмыс қалақшаларына енгенге дейін ғана емес, сонымен қатар олардың арасындағы өту кезінде де болатын турбиналар реакциялық турбиналар деп аталады. Егер саптамалардағы жылу төмендеуі жалпы жылу төмендеуінің жартысынан көп болмаса, турбинаны әдетте реактивті деп атайды. Турбинаның белсенді немесе реактивті принцип бойынша жұмыс істейтініне қарамастан, құбылыстардың мәні өзгеріссіз қалады: егер саптамадан ағып жатқан жұмыс денесінің ағыны қалақша арқылы дисккі, дисккіні айналдырады. Қалақшалардың айналасында жұмыс денесі ағып жатқанда, қалақша бетінің екі жағында әртүрлі қысым пайда болады: ойыс жағынан қысым әрқашан дөңеске қарағанда жоғары болады. Нәтижесінде қалақшаға ойыс жағынан әсер ететін күш пайда болады, ол қалақшаларды қозғалтуға және жұмыс жасауға мәжбүр етеді.

Жану камерасынан  $p_0$  қысымы бар жұмыс денесі кіріс құбырына түседі, сол жерден ол бірінші сатыдағы қозғалыссыз (бағыттаушы) қалақшаларға шығады. Қалақша аралықтарында жұмыс денесі кеңейіп, оның қысымы аздап төмендейді, ал жылдамдық  $C_0$ -дан  $C_1$ -ге дейін артады. Содан кейін жұмыс денесі жұмыс қалақшаларының бірінші қатарына енеді. Жұмыс денесі жұмыс қалақшаларының арасында да кеңейеді, яғни. оның қысымы төмендей береді, жұмыс денесінің салыстырмалы жылдамдығы артады, бірақ шығу кезінде абсолютті жылдамдық  $C_2$   $C_1$ -ден аз болады, өйткені жұмыс кинетикалық энергияның төмендеуіне байланысты жасалады.

$C_2$  жылдамдықта жұмыс денесі бағыттаушы қалақшалардың екінші қатарына енеді. Мұнда ол қайтадан кеңейіп, жылдамдық  $C_1$ -ге дейін артады. Екінші сатыдағы жұмыс қалақшаларының жұмыс денесінің жылдамдығы қайтадан  $C_2$ -ге дейін төмендейді және т.б.

Тек реактивті кезеңдері бар турбиналар қазіргі уақытта ешқашан салынбайды. Әдетте олар жоғары қысымды активті бөлікті реактивті кезеңдермен біріктіруге жүгінеді. Сызбаны немесе бөлшектелген машинаны қарап, реактивті турбинаны қысым кезеңдері бар активтіден бірден ажыратуға болатын сипаттама - бұл жұмыс ортасында орналасқан диафрагмалардың болуы.

Тек реактивті кезеңдері бар турбиналар қазіргі уақытта ешқашан салынбайды. Әдетте олар жоғары қысымды активті бөлікті реактивті кезеңдермен біріктіруге жүгінеді. Сызбаны немесе бөлшектелген машинаны

қарап, реактивті турбинаны қысым кезеңдері бар активтіден бірден ажыратуға болатын сипаттама - бұл жұмыс ортасында орналасқан диафрагмалардың болуы, дискілер және денені бөлек камераларға бөлу; реактивті турбинада, әдетте, барабанға бекітілген жұмыс қалақшалары арасында диафрагмалар жоқ, бірақ корпусқа бекітілген қозғалмайтын қалақшалар ғана.

Қарастырылған турбинаны таза реактивті деп атауға болмайды. Ол реактивті принцип бойынша шамамен 50% және белсенді принцип бойынша 50% жұмыс істейді деп болжауға болады. Осылайша, сипатталған машинаға қатысты "реактивті турбина" термині қатаң түрде шартты болып табылады және тек қалыптасқан жқ бойынша қолданылады [9].

$H_2$  сатысының қолда бар адиабаттық жылу төмендеуінің жұмыс қалақшаларының бөлігінің  $h_0 = H_1 + h_2$  сатысының жалпы адиабаттық жылу түсуіне қатынасы ( $h_1$  бағыттаушы қалақшалардың үлесіне жататын жылу шығынын білдіреді) реактивтілік дәрежесі деп аталады және  $p$  әрпімен белгіленеді. Демек

$$p = \frac{h_2}{h_1 + h_2}. \quad (1.9)$$

Сонымен, қарастырылатын реактивті турбинаның әр кезеңі үшін  $p = 1/2$ . Сонымен, жылу төмендеуі бағыттаушылар мен жұмыс қалақшаларының арасында шамамен тең бөлінеді. Таза активті турбина үшін  $p = 0$ , өйткені барлық жылу шығыны саптамалардағы кинетикалық энергияға айналады және  $h_2 = 0$ . Таза активті турбиналар әрдайым дерлік аз реактивтілік дәрежесімен жұмыс істейді.

#### 1.4.4 Жану камерасындағы ақаулар

Ауаның жоғары жылдамдығында жанармай өте қарқынды жанып кетеді. Бұл процесс динамикалық, жоғары ағынның турбуленттілігімен және қысымның, жылдамдық пен температураның хаостық ауытқуымен сипатталады. Кейбір жағдайларда тербелістер реттеліп, үлкен амплитудасы мен қатты шуы бар тұрақсыз пульсациялық жануға әкеледі. Жану процесінің тұрақсыздығы тұрақты және өте жағымсыз құбылыстар тудырады. Мұндай жануды пульсациялық (тербеліс жиілігі 3 МГц-ке дейін) немесе діріл (тербеліс жиілігі 3-4 МГц-тен жоғары) деп атайды. Бұл жағдайда қабырғалардың, айналдырғыштардың, жеке қабықшалардың бекітпелерінің зақымдануы мүмкін [5].

Қарқынды пульсация қондырғының жалпы дірілін жоғарылатады, факелдің бұзылуына әкелуі мүмкін, қабырғалардың салқындауын нашарлатады, салқындатқыш ауаның қабырға қабатының бұзылуына ықпал етеді, бұл жергілікті қызып кетуге және тез істен шығуға әкеледі. Тәжірибе көрсеткендей, жоғары жиілікті пульсация кезінде қабырға температурасы 150 -200 0 С-қа жоғарылауы мүмкін. Жоғары жиіліктегі пульсациялық тербелістер жоғары тондардың басымдылығымен шу тудырады, бұл жану камерасындағы қиындықтардың белгісі. Пульсацияны жану аймағындағы ауа мөлшерін, ауа

жылдамдығын өзгерту, кіріс арналарының аэродинамикалық сипаттамаларын жақсарту, тұрақтандыру, жалын түтігі мен газ өткізгіштерін ұзарту, суды айдау және басқа шаралар арқылы жоюға болады.

Жану камерасының жиі кездесетін ақаулығы - бұл газтурбиналық қондырғының тиімділігі мен сенімділігіне әсер ететін температуралық өрістің біркелкі еместігі. Кейбір бірліктерде оның мәні 200 - 300 0С дейін жетеді. Бұл айдағыш тығыздағыштан жанармай коллекторына сапасыз тазартылған газдың түсуі нәтижесінде пайда болады, бұл келесі факторларды тудырады:

- қыздырғыштарды ауыр көмірсутектердің пиролиз өнімдерімен кокстеу, олардың газ динамикалық сипаттамаларының өзгеруі және турбинадағы төмен қысымдағы температуралық өрістің жоғарылауы;

- жану өнімдері ағынының отралықтан тепкіштің қатпарлануының әсерінен газөткізгіштің бұрылуындағы температура өрісінің радиалды біркелкі еместігінің жоғарылауы, бұл газ өткізгіштердің деформациясына және турбинадағы жоғары қысымдағы бағыттаушы қалақшаларының қызып кетуіне әкеледі;

- ауыр көмірсутектерді ағынды бөлігінде жағу, бұл қалақша аппараттарының жоғары температуралық коррозиясына, өндірістік құбырдың деформациясына, шатастырғыштың бұзылуына әкеледі. Газтурбиналық ағын трассасында температуралық өрістің біркелкі еместігінің жоғарылауы ыстық тракт құрылымдық элементтерінде жылу ағындарының жоғарылауын тудырады: істен шығулардың негізгі бөлігі (70% дейін) болатын.

#### **1.4.5 Операциялық және технологиялық көрсеткіштерді есептеу**

Газ тасымалдаудың технологиялық процесін дұрыс жүргізу үшін компрессорлық станцияның жұмыс істейтін персоналы басқару объектісінің жағдайы туралы, процестің күйін сипаттайтын операциялық және технологиялық параметрлері туралы сенімді ақпаратқа ие болуы керек. Бұл ақпарат нақты өлшемдер мен есептеулер арқылы алынады.

Технологиялық процессті автоматты басқару жүйе (ТП АЖБ) компрессорлық станцияда микропроцессорлық техниканы қолдану ГАА, КЦ және КС бойынша есептік режимдік-технологиялық параметрлердің санын едәуір арттыруға мүмкіндік береді [8].

Есептелген параметрлердің лездік мәндерін есептеу кезінде үш мәннің орташалануы жеткілікті болып саналады, ал орташа тәулікті есептеу кезінде - тәулігіне алынған барлық нәтижелер юолып табылады.

Электр жетегі бар компрессорлық станция үшін параметрлердің лездік, тәуліктік және интегралдық мәндері есептеледі.

ГАА сақина (С) мен магистральда (М) жұмыс істеген кезде параметрлерінің лездік есептелген мәндері келесідей: сығымдау коэффициенті (М үшін); газдың көлемдік шығыны, м<sup>3</sup> / мин (М үшін); асқын аймақтан қашықтық, % (М үшін); тиімді қуат, МВт (С және М үшін); энергияны тұтыну кВт / сағ.



Бастапқы мәліметтер күніне орташаланған ГАА параметрлерінің тәуліктік мәні келесідей: жалпы қуаты МВт (С және М үшін); тиімді қуат, МВт (С және М үшін); қол жетімді қуат, МВт (С және М үшін); қуат қоры, МВт (С және М үшін); айдағыштың политропты ПӘК-і (М үшін); өндірістік газ шығыны, млн.м<sup>3</sup> / тәулігіне (М үшін).

КЦ бойынша сығу дәрежесінің және коммерциялық шығынның лездік мәндері, млн. Н. м<sup>3</sup>/тәул. есептеледі.

Тәулігіне орташаланған бастапқы деректер кезінде КЦ параметрлерінің тәуліктік мәні мынадай: сығылу дәрежесі; КЦ-ға кірудегі газ қысымы, МПа; КЦ-дан шығудағы газ қысымы, МПа; КЦ-ға кірудегі газ температурасы, °С; КЦ-дан шығудағы газ температурасы, °С.

КЦ параметрлерінің тәуліктік интегралды мәндері келесідей: тұтыну айдалатын газ, млн. Н. м<sup>3</sup>/тәул; газ шығыны мұқтаждарына т/тәул.

Айдалатын газдың интегралды шығынын компрессорлық станция есептейді, тәулігіне млн.м<sup>3</sup>; өз қажеттілігі үшін газ, т / тәул [7].

ГАА параметрлерін есептеу нәтижелеріндегі технологиялық шектеулер келесідей: сығымдау коэффициенті  $1 \leq \varepsilon \leq 1,5$ ; келтірілген көлемдік шығын  $300 \text{ м}^3/\text{мин} \leq Q_{np} \leq 600 \text{ м}^3/\text{мин}$ ; асқын аймағынан қашықтық  $0\% \leq k_Q \leq 50\%$ ; политропты ПӘК  $0.6 \leq \eta \leq 0.9$ .

Есептеулер үшін бастапқы деректер төменде 1.3-кестеде келтірілген.

### 1.3 Кесте - Бастапқы деректер

Параметр	Белгіленуі
Айдағыш роторының айналу жиілігі, айн / мин	nн
Айдағышқа дейінгі газдың температурасы, °С	t1a
Айдағыштан кейінгі газ температурасы, °С	t2a
Айдағышқа дейінгі газ қысымы, МПа	p1a
Айдағыштан кейінгі газ қысымы, МПа	p2a
Конфузор айдағышында қысымның төмендеуі, КПа	ΔРка
Сыртқы ауа температурасы, °С	tв
Барометрлік қысым, Кпа	P0
Газдың тығыздығы, кг/н.м <sup>3</sup>	γ0

Технологиялық негізгі режимді есептеу төменде келтірілген.

Газдың температурасы, К

$$\begin{aligned}
 T_{1a} &= t_{1a} + 273, \\
 T_{2a} &= t_{2a} + 273, \\
 T_{т.г} &= t_{т.г} + 273, \\
 T_a &= t_a + 273, \\
 T_a &= 0.5 * (T_{1a} + T_{2a}),
 \end{aligned}
 \tag{1.10}$$

Абсолюттік қысым, Мпа

$$\begin{aligned}P_{1a} &= P_{1a}^n + P_a * 10^{-3}, \\P_{2a} &= P_{2a}^n + P_a * 10^{-3}, \\P_a &= 0.5 * (P_{1a} + P_{2a}),\end{aligned}\tag{1.11}$$

Газдың сипаттамасы, кДж / (кг \* К)

$$\Delta b = 0,83\gamma_0,$$

$$R = 0,287/\Delta b$$

Кірістегі газдың орташа параметрлері  $P_a$ ;  $T_a$ ;  $\Delta b$  және есептеу модулінің шығуында  $z_a$ ;  $x_a$ ;  $(\frac{\Delta C_p}{R})_a$ ;  $(\frac{C_p}{R})_a$ ;

$$\eta = \frac{T_a}{163.8 * (0.613 + \Delta b)},\tag{1.12}$$

$$\pi = \frac{10.19 * P_a}{47.9 - \Delta b},\tag{1.13}$$

$$z_a = 1 - \frac{\pi_a}{\eta_a} * \left( \frac{0.41 + 0.04 * \pi_a}{\eta_a^2} - 0.061 \right),\tag{1.14}$$

$$x_a = 3 * (1 - z_a) + 0.122 * \frac{\pi_a}{\eta_a},\tag{1.15}$$

$$\left( \frac{\Delta C_p}{R} \right)_a = \frac{6 * \pi_a}{\eta_a^3} (0.41 + 0.02 * \pi_a),\tag{1.16}$$

$$\left( \frac{C_p}{R} \right)_a = \frac{k_0}{k_0 + 1} + \left( \frac{\Delta C_p}{R} \right)_a,\tag{1.17}$$

мұндағы  $k_0/k_0 + 1 = 2.811 + (0.3506 + 0.0078T_a) * \Delta b$

$P_{1a}$ ;  $T_{1a}$ ;  $\Delta b$  кірістегі және  $z_{1a}$  есептік Модулінің шығуындағы газ параметрлері.

$$\eta_{1a} = \frac{T_{1a}}{162.8 * (0.613 + \Delta b)},\tag{1.18}$$

$$\pi_{1a} = \frac{10.19 * P_{1a}}{47.9 - \Delta b},\tag{1.19}$$

$$z_{1a} = 1 - \frac{\pi_{1a}}{\eta_{1a}} * \left( \frac{0.41 + 0.04 * \pi_{1a}}{\eta_{1a}^2} - 0.061 \right),\tag{1.20}$$

Сығу дәрежесі

$$\varepsilon_a = P_{2a}/P_{1a},\tag{1.21}$$

Политроп көрсеткіші

$$\frac{\eta_T}{\eta_T - 1} = \frac{\lg \varepsilon_a}{\lg \left( \frac{T_{2a}}{T_{1a}} \right)}, \quad (1.22)$$

Айдағыш арқылы газдың көлемдік шығыны ( $\text{м}^3/\text{мин}$ ):

$$Q_a = 60 * 7.396 * \sqrt{\frac{\Delta P_{ka}}{T_{1a}}}, \quad (1.23)$$

мұндағы  $\gamma_{1a} = \frac{P_{1a} * 10^3}{z_{1a} * R T_{1a}}$

Айдағыш арқылы газдың массалық шығыны ( $\text{кг}/\text{сағ}$ )

$$G_a = 60 * Q_a * \gamma_{1a}, \quad (1.24)$$

Асқын толқындар аймағынан қашықтығы (%)

$$k_a = \frac{Q_a - \bar{Q}_{\text{мин}}}{\bar{Q}_{\text{мин}}} * 100\%, \quad (1.25)$$

мұндағы  $\bar{Q}_{\text{мин}} = 6.33 * 10^{-2} \text{м}^3$

Айдағыштың политропиялық ПӘК-гі

$$\eta_{\text{пол}} = H_{\text{пол}} / H_T, \quad (1.26)$$

мұндағы  $H_{\text{пол}}$ -айдағыштың политропикалық қысымы;

$H_T$ -айдағыштың толық қысымы.

$$H_{\text{пол}} = \frac{n_T}{n_T - 1} A \left( \varepsilon^{\frac{n_T - 1}{n}} - 1 \right), \quad (1.27)$$

$$H_T = \frac{k}{k - 1} A \left( \frac{T_{2a}}{T_{1a}} - 1 \right), \quad (1.28)$$

ГПА жиынтық шығысы бойынша және орташалаушы түтіктің көмегімен айдалатын КЦ газының шығысы ( $\text{н. м}^3 / \text{мин}$ )

$$Q_{\text{КЦ}} = \sum_{i=1}^m Q_{a_i} \frac{10^6}{1440}, \quad (1.29)$$

Орташа минималды шығын мен айырмашылық арақатынасы орташа түтікпен өлшенетін, РД - 50-213-80 ережелерімен реттелетін, қысымның өзгермелі шығыны өлшегіштері үшін белгілі қатынаспен анықталады:

$$Q_{\text{КЦ}} = \frac{0.2109}{60} \varphi_{\text{тп}} D_{20}^2 * \sqrt{\frac{\Delta P_{\text{КЦ}} * P_{\text{кірісКЦ}}}{\gamma_{\text{ном}} * T_{\text{кірісКЦ}} * K}}, \quad (1.30)$$

мұндағы  $\varphi_{\text{тп}} = 1$  - конструктивті ерітіндінің есебінен орташаландыратын құбыр ағын коэффициенті (құбыр диаметрі, тесіктің орналасуы және диаметрі, құбыр қабырғасының қалыңдығы);  $D_{20}$  - түтік орнатылған газ құбырының ішкі диаметрі, мм;  $\Delta P_{\text{КЦ}}$  - түтік бойынша қысымның төмендеуі, МПа;  $\gamma_a = 0,68$  кг/м<sup>3</sup> - газ тығыздығы;  $P_{\text{кірісКЦ}}$  - кірістегі газ қысымы, МПа;  $T_{\text{кірісКЦ}}$  - кірістегі газ температурасы, К,  $k = 0,92$ .

Газ шығынын орташа қысымды түтіктер арқылы өлшеу ағынның кинетикалық энергиясының (ағынның орташа динамикалық қысымының) потенциалдық (динамикалық қысымға) ауысуы нәтижесінде қысым түтігі тудыратын  $Q$  ағынының қысымның айырмашылығына тәуелділігіне негізделген.

Динамикалық қысым құбырдың көлденең қимасы бойынша жылдамдықтың біркелкі бөлінбеуі нәтижесінде пайда болады (ең үлкені – орталық ағында, ең кішісі – периферияда).

Ағынның ортасына жақын орналасқан орташа түтіктің тесіктеріне газ кіреді, ал перифериялық арқылы ағынға қарай шығады, осы ағымның нәтижесінде импульстік түтікке орташа динамикалық қысым орнатылады.

$\Delta P$  мен  $P_d$  газ құбырының қабырғасындағы статикалық қысым арасындағы  $P_{\text{ст}}$  айырмашылығы ағынның орташа жылдамдығымен есептелген жылдамдық қысымына сәйкес келеді.

Түтіктерді тәжірибелік-өнеркәсіптік пайдалану олардың жұмысының тұрақтылығын және жедел басқару мен бақылау мақсаттары үшін жеткілікті көрсеткіштердің дұрыстығын анықтады [5].

Қосымша қажеттіліктерге арналған газ шығыны (т /с)  $Q_{\text{к.к КЦ}}$  формула бойынша БПТПГ цех блогына кіре берістегі газдың өлшенген және есептелген параметрлері негізінде есептеледі.

$$Q_{\text{к.к.КЦ}} = 7.6514 * \sqrt{\frac{P_{\text{к.к}} * \Delta P_{\text{к.к}}}{z_{\text{к.к}} * R T_{\text{к.к}}}}, \quad (1.31)$$

ГАА-ның `бір тәуліктегі орташа толық қуаты (МВт)

$$\bar{N}_p = \min\{1.15 * N_a\}, \quad (1.32)$$

$$\bar{N}_p = N_a k_a k_{об} k_{ут} \left(1 - k_t \frac{\bar{T}_a - \bar{T}_a^H}{T_a + 5}\right) \frac{P_1}{0.101}, \quad (1.33)$$

$N_a = 16$ ;  $k_a = 1$ ;  $k_{ут} = 0.995$ ;  $T_a^H = 283$  К;  $T_a$  - ауаның орташа температурасы, К;  $P_1$  - айдағышқа кірудегі қысым, МПа.

ГАА-ның тәулігіне орташа тиімді қуаты (МВт)

$$\bar{N}_e = (\bar{N}_e^{n-1} + N_e^n) \frac{1}{2}, \quad (1.34)$$

Бір тәуліктегі орташа қолжетімді қуаты (МВт) ГПА

$$\bar{N}_e^{\text{қолжетімді}} = (\bar{N}_e^{n-1 \text{қолжетімді}} + N_e^{\text{қолжетімді}}) \frac{1}{2}, \quad (1.35)$$

Тәулігіне орташа қуат қоры (МВт)

$$\bar{N}_3 = \bar{N}_e^{\text{қолжетімді}} - \bar{N}_e, \quad (1.36)$$

ГАА-ның бір тәуліктегі орташа политропиялық ПЭК-гі

$$\bar{\eta}_{\text{пол}} = (\bar{\eta}_{\text{пол}}^{n-1} + \eta_{\text{пол}}^n) \frac{1}{2}, \quad (1.37)$$

ГАА-дағы сығымдалатын газдың тәуліктік орташа көлемдік шығысы (млн. м<sup>3</sup>/күн)

$$\bar{Q}_{\text{ГАА}} = (\bar{Q}_{\text{ГАА}}^{n-1} + Q_{\text{ГАА}}^n) \frac{1}{2}, \quad (1.38)$$

Коммерциялық шығын (млн. м<sup>3</sup>/тәул.)

$$Q_{\text{к.шГАА}} = \frac{1440 \cdot 10^{-6}}{2.45} Q_{\text{ГАА}} \frac{P_{1a}}{z_{1a} T_{1a}}, \quad (1.39)$$

КЦ-тағы тәуліктік орташа сығылу дәрежесі

$$\bar{\varepsilon} = (\bar{\varepsilon}^{n-1} + \varepsilon^n) (1/2), \quad (1.40)$$

КЦ газының коммерциялық шығыны (млн. м<sup>3</sup>/тәул.)

$$Q_{\text{к.гКЦ}} = \frac{1440 \cdot 10^{-6}}{2.45} Q_{\text{КЦ}} \frac{P_{\text{кіріс}}}{z_{\text{кіріс}} T_{\text{кіріс}}}, \quad (1.41)$$

КЦ кіре берістегі газдың тәуліетік орташа қысым (МПа)

$$\bar{P}_{\text{кіріс}} = (\bar{P}_{\text{кіріс}}^{n-1} + P_{\text{кіріс}}^n) (1/2), \quad (1.42)$$

КЦ-дан шығудағы газдың тәуліктік орташа қысымы (МПа)

$$\bar{P}_{\text{шығыс}} = (\bar{P}_{\text{шығыс}}^{n-1} + P_{\text{шығыс}}^n) (1/2), \quad (1.43)$$

КЦ кіре берістегі газдың тәулік ішіндегі орташа температурасы (°С)

$$\bar{T}_{\text{кіріс}} = (\bar{T}_{\text{кіріс}}^{n-1} + T_{\text{кіріс}}^n)(1/2), \quad (1.44)$$

КЦ шығудағы газдың тәулік ішіндегі орташа температурасы (°C )

$$\bar{T}_{\text{шығыс}} = (\bar{T}_{\text{шығыс}}^{n-1} + T_{\text{шығыс}}^n)(1/2), \quad (1.45)$$

КЦ-тағы сорылатын газдың интегралдық шығыны (млн. м<sup>3</sup>/тәул.)

$$Q_{\text{КЦ}}^{\text{И}} = \sum_{i=1}^k Q_{i\text{КЦ}}, \quad (1.46)$$

КС-тағы айдалатын газдың интегралдық шығыны (млн. м<sup>3</sup>/тәул.)

$$Q_{\text{КС}}^{\text{И}} = \sum_{i=1}^k Q_{i\text{КС}}. \quad (1.47)$$

## 2 Басқару объектісі ретінде ГАА-ны талдау

ГАА жұмысының технологиялық ерекшеліктерін талдаудан сығымдау процесі көптеген айнымалылары бар (жүзге дейін) күрделі технологиялық процесс екенін көруге болады, яғни ГАА-ны көп өлшемді басқару объектілеріне жатқызуға болады [7].

Сонымен қатар, айнымалылар арасындағы негізгі тәуелділіктер, мысалы, сығылу коэффициенті  $\varepsilon$  және газ шығыны  $Q$ , сызықтық емес. Сондықтан, ГАА басқару жүйелері көбінесе айнымалы өзгерістердің тар диапазонында Автоматты тұрақтандыру режимдерінде жұмыс істейді, тек осы жағдайда сіз сипаттамаларды сызып, реттегіштерді реттей аласыз.

Газ ағынының ГАА-да болу уақыты секундпен есептеледі, айдағыштың айналу саны 4000-6000 айн/мин жетеді, яғни сығымдау процесі тез жүретінін атап өткен жөн. Мұның бәрі автоматиканың техникалық құралдарын таңдауға, оның жылдамдығы мен дәлдігіне белгілі бір талаптар қояды.

Осылайша, ГАА басқару объектісі ретінде сызықты емес, көп өлшемді және жылдам әрекет ететін объектілер класына жатады деп айта аламыз.

### 2.1 ГАА үшін оңтайлы басқару міндетін белгілеу

Турбо компрессорының жұмысын анықтайтын сипаттамалық көрсеткіштер:

- компрессордың салмақтық өнімділігі  $Q_d$  (кг / мин);
- сору жағдайына келтірілген көлемдік өнімділік  $Q$  ( $m^3$  / мин);
- $P_c$  сору қысымы және  $P_a$  айдағышының қысымы;
- сығылу дәрежесі  $\varepsilon$ , айдау қысымының сору қысымына қатынасына тең;
- компрессор білігіне  $N$  қуаты.

Компрессордың қуаты келесі формула бойынша анықталады.

$$N = \frac{Q_d}{\mu} RT \frac{1}{\alpha} \left[ \left( \frac{P_a}{P_c} \right)^\alpha - 1 \right], \quad (2.1)$$

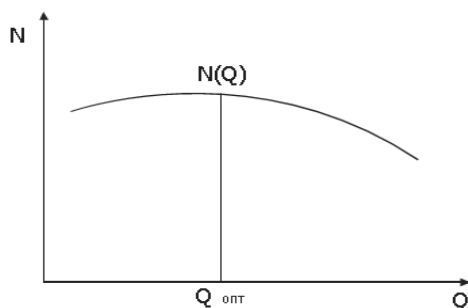
мұндағы  $R$ - газ тұрақтысы;

$T$ - газ температурасы;

$\alpha$ - политропнаның адиабатикалық көрсеткішін көрсететін көрсеткіш;

$\eta$ - машина ПӘК-гі.

Энергия шығындарының жүктемеге тәуелділігі-бұл эксперимент арқылы алынған жұмсақ экстремумы бар дөңес қисық.



Сурет 2.1 - Энергия шығындарының жүктемеге тәуелділік графигі

Бұл ретте  $N(Q)$  сипаттамасының түрі өнімділікті реттеу тәсіліне байланысты екенін атап өту қажет.

Турбогенератордың жұмысын жетектің айналу санын өзгерту, компрессордың бағыттаушы қалақтарының орнын өзгерту немесе кіріс немесе шығыс ағынын дроссельдеу арқылы реттеуге болады.

Көбінесе компрессорды реттеу ГАА сорғанда дроссельдеу арқылы жүзеге асырылады.

Дипломдық жобаның тапсырмасына сәйкес, ГАА жұмысы кезінде компрессорлық цехтың жұмыс режимдері қарастырылады.

Бұл жағдайда компрессор цехын басқару критерийі өрнек болады:

$$\sum_{n-1}^n Q_n = \sum_{n-1}^n n' N = \sum_{n-1}^n Q_{дi} RT_{i} \frac{1}{a_i} \left[ \left( \frac{P_{ai}}{P_{ci}} \right)^{a_i} - 1 \right] \rightarrow \min \quad (2.2)$$

мұндағы:  $Q_n$ -отын газының шығыны;

$n'$ - отын газының шығынына келтірілген машинаның ПӘК-гі;

$i$  - ГАА нөмірі;

$n$ - цехта жұмыс істейтін ГАА саны.

Басқару міндеті отын газы бойынша (2.2) функцияның минимумын табуға дейін азаяды.

Осылайша, басқару критерийі ретінде біз өрнекті тандаймыз (2.2) цех бойынша отын газының шығынын көрсететін [10].

## 2.2 Компрессорлық қондырғының моделі

ГАА -күрделі технологиялық агрегат, әдебиетте мынадай тәуелділікті көрсететін көптеген модельдер бар [10].

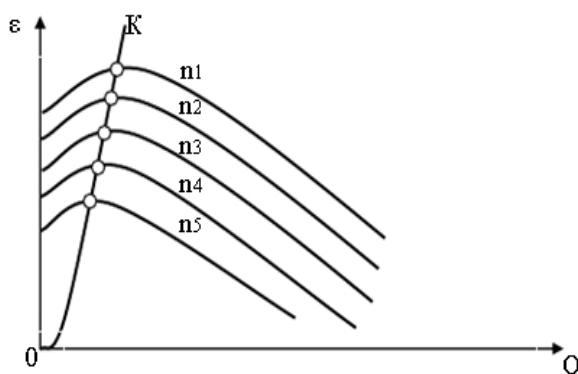
- ГАА айналымдар саны бойынша шығыс сипаттамалары;
- аппараттың  $P_{шығыс}$ ,  $Q_{д}$ -дан шығуындағы қысымы ;
- ГАА  $\omega$  аппараттың кіреберісіндегі қысым.

Біздің жағдайда агрегаттар бойынша қысымды оңтайлы бөлу мәселесін шешу үшін сығымдаудың ағынға тәуелділігін көрсететін модель қажет.

$$\varepsilon = \phi(Q_{д}, \omega, T), \quad (2.3)$$



Бұл сипаттама эксперименталды түрде алынып тасталады және  $Q_d$ -ге тәуелділікті көрсететін қисық сызықтар тобы болып табылады.



Сурет 2.2 -  $\varepsilon$ -ның  $Q_d$ -ге тәуелділік графигі

(2.3) теңдеу форманың өрнегімен жақсы жуықталған

$$\varepsilon = \frac{P_a}{P_c} = a_0 + a_1 Q_d + a_2 Q_d^2 + a_3 \omega + a_4 T . \quad (2.4)$$

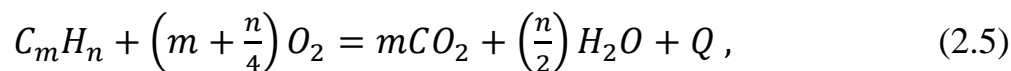
мұндағы  $\omega$  - ГАА айналымдарының саны;  
 $T$  - ЖҚТ шығуындағы газдың температурасы.

### 2.3 Жану температурасын есептеу моделі

Жану-бұл экзотермиялық тотығу реакцияларына негізделген күрделі физика-химиялық процесс, ол ағынның айтарлықтай жылдамдығымен, қоршаған ортамен жылу мен масса алмасудың көп мөлшерін шығарумен сипатталады [7].

Белгілі бір қоспаның жану температурасын есептеу өте қиын міндет, өйткені қоспаның құрамынан басқа бастапқы температура мен қысым температураға қатты әсер етеді. Бастапқы компоненттердің температурасы мен қысымының жоғарылауы жану температурасының жоғарылауына әкеледі. Қоршаған ортамен жылу алмасу және диссоциация реакциясы, керісінше, жану температурасын төмендетеді.

Кез-келген көмірсутектің жану реакциясының жалпы теңдеуі келесі формада болады:

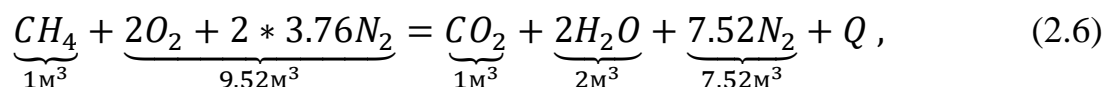


мұндағы  $m$ ,  $n$ -молекуладағы көміртек пен сутегі атомдарының тиісті саны;  
 $Q$  - жану жылуы.

$Q$  жану жылуы қалыпты физикалық жағдайда ( $P=101325$  Па,  $t=0$  °С)  $1\text{ м}^3$  (1 кг, 1 кмоль) толық жану кезінде бөлінетін жылу мөлшері деп аталады. Табиғи

газдың негізгі компоненттерінің жоғары және төмен жану жылуының мәні ГОСТ 30319.1-96 келтірілген.

Ауадағы  $1\text{ м}^3$  метанның жану реакциясы (оттегі – 21 %, азот – 79 %) келесі түрге ие:



Теңдеуден  $1\text{ м}^3$  метанды стехиометриялық жағу үшін  $2\text{ м}^3$  оттегі немесе  $9.52\text{ м}^3$  құрғақ ауа қажет екенін көруге болады. Нәтижесінде жану өнімдерінде  $1\text{ м}^3\text{ CO}_2$ ,  $2\text{ м}^3\text{ H}_2\text{O}$  және  $7.52\text{ м}^3\text{ N}_2$  түзіледі.

Қоспасының белгілі құрамы адиабатикалық (қоршаған ортамен жылу алмасусыз) жану температурасын термодинамиканың бірінші заңына сәйкес есептеуге болады: жану кезінде бөлінетін жылу жану өнімдерін жылытуға толығымен жұмсалады.

Есептеу кезінде газдардың жануының келесі адиабатикалық температурасы бөлінеді: калориметриялық, теориялық, нақты (есептелген) және жылу шығарғыштық. Бұл температура жану температурасына әсер ететін сыртқы факторларды ескере отырып ерекшеленеді [13]. Сонымен, жылу шығымдылығы қоспаның жану температурасы  $a = 1$  (тотықтырғыш мөлшері толық жану үшін ең аз қажетті мөлшерге сәйкес келеді) және газ бен ауаның бастапқы температурасы  $0\text{ }^\circ\text{C}$  кезінде анықталады.

Калориметриялық температура артық ауаның нақты коэффициентін және жануға берілетін қоспаның температурасын ескереді. Теориялық температура диссоциацияға жұмсалған жылуды қосымша ескереді. Нақты температура қоршаған ортамен (пеш қабырғаларымен) жылу алмасудағы шығындарды, радиациямен жылуды қайтаруды, ағынның жылдамдығын және т. б. ескеретін коэффициент үшін теориялық өнімнен анықталады. - бұл белгілі бір жану камерасының (пештің) ПӘК-гі.

Теориялық температураны анықтау формуласы келесідей:

$$t_T = \frac{Q_H^P + q_{\text{физ}} - q_{\text{дис}}}{\sum(V * c_p)}, \quad (2.7)$$

мұндағы  $Q_H^P$ - газдың жануының төменгі жылуы,  $\text{кДж} / \text{м}^3$ ;

$q_{\text{физ}} - 0\text{ }^\circ\text{C}$ -тан есептелетін газ бен ауаның жылу мөлшері (физикалық жылу),  $\text{кДж} / \text{м}^3$ ;

$q_{\text{дис}}$  –көмірқышқыл газы мен су буының диссоциациясы кезінде сіңірілетін жылу мөлшері,  $\text{кДж} / \text{м}^3$ ;

$\sum(V * c_p)$ - тұрақты қысымдағы газдың жану өнімдері компоненттерінің көлемі мен орташа көлемдік жылу сыйымдылығының қосындысы.

Су буларының диссоциациясы және көміртегі диоксиді эндотермическим реакциясы болып табылады,яғни реакцияның жылу сіңіру және көлемінің ұлғаюы.

$$CO_2 \leftrightarrow CO + 0.5O_2 - 12712 \text{ кДж/м}^3, \quad (2.8)$$

$$H_2O \leftrightarrow H_2 + 0.5O_2 - 10801 \text{ кДж/м}^3, \quad (2.9)$$

Су буы мен көміртегі диоксидінің диссоциациясына жұмсалған жылу келесі формула бойынша анықталады:

$$q_{\text{дис}} = 108.01 * a * V_{H_2O} + 127.12 * b * V_{CO_2}, \text{ кДж/м}^3, \quad (2.10)$$

мұндағы а, b-көміртегі диоксиді мен су буларының диссоциациялану дәрежесі, %

Диссоциация дәрежелерінің кестелік мәндері [4] және [5] (0,004-тен 0,04 МПа-ға дейінгі ішінара қысым және 1500-ден 3000-ға дейінгі температура °С) осы мәліметтер негізінде диссоциация коэффициенттерінің үш өлшемді өрістері құрылады [6].

## 2.1 Кесте - Диссоциация коэффициенті

Температура, °С	Парциальды қысым, МПа											
	0.004	0.006	0.008	0.010	0.012	0.014	0.016	0.018	0.020	0.025	0.030	0.040
<b>Су пары H<sub>2</sub>O</b>												
<b>1600</b>	0.85	0.75	0.65	0.60	0.58	0.56	0.54	0.52	0.50	0.48	0.46	0.42
<b>1700</b>	1.45	1.27	1.16	1.08	1.02	0.95	0.90	0.85	0.8	0.76	0.73	0.67
<b>1800</b>	2.40	2.10	1.90	1.80	1.70	1.60	1.53	1.46	1.40	1.30	1.25	1.15
<b>1900</b>	4.05	3.60	3.25	3.0	2.85	2.70	2.65	2.50	2.40	2.20	2.10	1.90
<b>2000</b>	5.75	5.05	4.60	4.30	4.0	3.80	3.55	3.50	3.40	3.15	2.95	2.65
<b>2100</b>	8.55	7.50	6.80	6.35	6.0	5.70	5.45	5.25	5.10	4.80	4.55	4.10
<b>2200</b>	12.3	10.8	9.90	9.90	8.80	8.35	7.95	7.65	7.40	6.90	6.50	5.90
<b>2300</b>	16.0	15.0	13.7	12.9	12.2	11.6	11.1	10.7	10.4	9.6	9.1	8.4
<b>2400</b>	22.5	20.0	18.4	17.2	16.3	15.6	15.0	14.4	13.9	13.0	12.2	11.2
<b>2500</b>	28.5	25.6	23.5	22.1	20.9	20.0	19.3	18.6	18.0	16.8	15.9	14.6
<b>3000</b>	70.6	66.7	63.8	61.6	59.6	58.0	56.5	55.4	54.3	51.9	50.0	47.0
<b>Көмірқышқыл газы CO<sub>2</sub></b>												
<b>1500</b>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
<b>1600</b>	2.0	1.8	1.6	1.5	1.45	1.4	1.35	1.3	1.25	1.2	1.1	1.1
<b>1700</b>	3.8	3.3	3.0	2.8	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.0	1.9	1.9
<b>1800</b>	6.3	5.5	5.0	4.6	4.4	4.2	4.0	3.8	3.7	3.5	3.3	3.3
<b>1900</b>	10.1	8.9	8.1	7.6	7.2	6.8	6.5	6.3	6.1	5.6	5.3	5.3
<b>2000</b>	16.5	14.6	13.4	12.5	11.8	11.2	10.8	10.4	10.0	9.4	8.8	8.8
<b>2100</b>	23.9	21.3	19.6	18.3	17.3	16.5	15.9	15.3	14.9	13.9	13.1	13.1
<b>2200</b>	35.1	31.5	29.2	27.5	26.1	25.0	24.1	23.3	22.6	21.2	20.1	20.1
<b>2300</b>	44.7	40.7	37.9	35.9	34.3	32.9	31.8	30.9	30.0	28.2	26.9	26.9
<b>2400</b>	56.0	51.8	48.8	46.5	44.6	43.1	41.8	40.6	39.6	37.5	35.8	35.8
<b>2500</b>	66.3	62.2	59.3	56.9	55.0	53.4	52.0	50.7	49.7	47.3	45.4	45.4
<b>3000</b>	94.9	93.9	93.1	92.3	91.7	90.6	90.1	89.6	88.5	87.6	86.8	86.8

Кестеден диссоциация дәрежесі температураның жоғарылауымен жоғарылайды және ішінара қысымның жоғарылауымен төмендейді. Осы үрдіске

сүйене отырып, кестелік деректерді 2,5 МПа ішінара қысымға және 4000 °С температураға экстраполяциялады.

Бағдарламада қолданылатын компоненттердің жылу сыйымдылығының мәні кестелік мәліметтерден алынады және 4-ші дәрежелі көпмүшемен жуықталады.

Ауамен және су буымен араластырғаннан кейін газдардың жану өнімдерінің температурасын есептеу араластыруға дейін және одан кейін жылу энергиясының тұрақтылығына негізделген:

$$Q_{1+2} = Q_1 + Q_2 , \quad (2.11)$$

Аралас ағындардың жылу сыйымдылығы ағындардың жылу сыйымдылығы олардың көлеміне пропорционалды түрде анықталады. Демек, араластырғаннан кейін температураны анықтау формуласы келесі форманы алады:

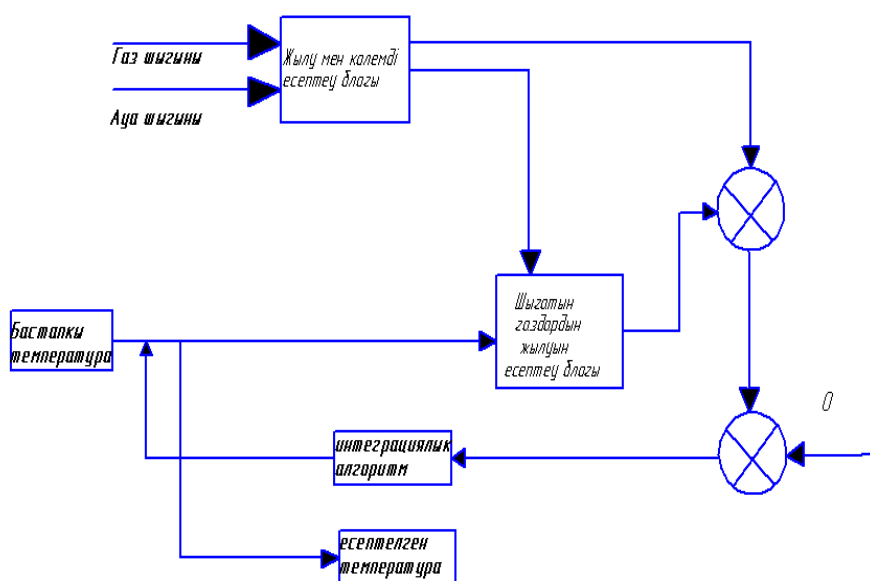
$$T_{1+2} = \frac{Q_{1+2}}{\left( C_{p1} \left( \frac{V_1}{V_1+V_2} \right) + C_{p2} \left( \frac{V_2}{V_1+V_2} \right) \right) * (V_1+V_2)} , \quad (2.12)$$

мұндағы  $Q_{1+2}$ - аралас ағындардың жылу сыйымдылығы;

$V_{1,2}$ - аралас газдардың көлемі;

$C_{p1}$ - газдардың орташа көлемдік жылу сыйымдылығы.

Жану температурасын анықтаудың осы әдісін қарап шыққаннан кейін жану температурасын анықтаудың келесі құрылымдық схемасы жасалды [8].



Сурет 2.3 - Жану температурасын анықтаудың құрылымдық схемасы

Әр блокты бөлек қарастырамыз.

Жылу мен көлемді есептеу блогы -бұл қондырғы  $V_1$  газы мен  $V_2$  ауасының шығынын ескере отырып, формула бойынша тұтынылатын отынның жалпы көлемін есептейді:

$$V = V_1 + V_2 , \quad (2.13)$$

Әрі қарай  $1 \text{ м}^3$  табиғи газ жанған кезде бөлінетін жылу табылады. Ол әртүрлі отын түрлерінің калориялық қабілеттілік кестесін қолдана отырып анықталады.

Жанармайдың түріне байланысты тиісті жану жылуы таңдалады. Біздің жағдайда табиғи газ таңдалды, оның жану жылуы  $Q = 36000 \text{ кДж/м}^3$  болды.

Шығарылатын газдардың жылуын есептеу блогы табиғи газдың жану өнімдерінен бөлінетін жылуды есептейді. Табиғи газдың жану процесінде  $CO_2$ ,  $N_2$ ,  $H_2O$  (су буы) сияқты компоненттер белгілі бір мөлшерде шығарылады. Бұл блоктың міндеті шығарылған әрбір газ үшін оның жану жылуын есептеу болып табылады. Ол келесі формула бойынша есептеледі:

$$Q = \sum(V_{\%} * T_{\text{бастапқы}} * C) , \quad (2.14)$$

мұндағы  $Q$ - жылу сыйымдылығы;

$V_{\%}$ - жану өнімінің құрамы;

$T_{\text{бастапқы}}$ - бастапқы температура мәні;

$C$  - орташа көлемдік жылу сыйымдылығы.

Орташа көлемдік жылу бастапқы температураның мәніне байланысты. Ол шығарылатын газдың түріне байланысты әртүрлі мәндерді алады және температура мен орташа көлемдік жылу сыйымдылығына тәуелділігі көрсетілген кестеден алынады (2.2-кесте).

## 2.2 Кесте - Отынның кейбір түрлерінің жылу шығару қабілеті

Отын. Ең жоғары жылу өндіру мәні. (Жанудың меншікті жылуы).			
Отын, массалық сипаттамасы:	Жоғарғы жылу өндіру қабілеттілігі		
	кДж/кг	ккал/кг	БТЕ/фунт, Btu/lb
Ацетон, Acetone	29 000	6 900	12 500
Бензин, Gasoline, Petrol	47 300	11 250	20 400
Бутан, Butane C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	49 500	11 800	20 900
Газойль, Gas oil	38 000	9 050	16 400
Глицерин, Glycerin	19 000	4 550	8 150

## 2.2 Кесте – Жалғасы

Отын, массалық сипаттамасы:	кДж/кг	ккал/кг	БТЕ/фунт, Btu/lb
Дизель отыны, Diesel	44 800	10 700	19 300
Керосин, Kerosene	35,000	8,350	15 400
Кокс, Coke	28 000-31000	6 650-7 400	12 000 - 13500
Мазут, Heavy fuel oil	41 200	9 800	17 700
Метан, Methane	55 550	13 250	23 900
Порох, Gun powder	4 000	950	1 700
Пропан, Propane	50 350	12 000	21 650
Өсімдік майлары, Oils vegetable	39 000 - 48,000	9 300 - 11450	16 750 - 20650
Скипидар, Turpentine	44 000	10 500	18 900
Спирт, Alcohol, 96% , Ethanol	30 000	7 150	12 900
Шикі мұнай, Petroleum	43 000	10 250	18 500
Көмір-антрацит, Anthracite	32 500 - 34000	7 750-8 100	14 000 - 14500
Битуминозды көмір Bituminous coal	17 000 - 23250	4 050-5 500	7 300 - 10 000
Ағаш көмірі, Charcoal	29 600	7 050	12 800
Тас көмір, Coal	15 000 - 27000	3 550-6 450	8 000 - 14 000
Қоңыр көмір, лигнит, Lignite	16 300	3 900	7 000
Көмір-жартылай антрацит, Semi anthracite	26 700 - 32500	6 350 - 7750	11 500 - 14000
Эфир, Ether	43 000	10 250	18 500
Газдар, көлемдік сипаттамасы:	кДж/м <sup>3</sup>	ккал/м <sup>3</sup>	БТЕ/фут <sup>3</sup> , Btu/ft <sup>3</sup>
Бутан, Butane C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	133 000	31 750	1 700
Сутегі, Hydrogen	13 000	3 100	170
Метан, Methane CH <sub>4</sub>	39 800	9 500	520
Табиғи газ, Natural gas	35 000- 43 000	8 350-10250	455 - 560
Пропан, Propane C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	101 000	24 100	1 310

## 2.3 Кесте - Температура мен орташа көлемдік жылу сыйымдылығының тәуелділік кестесі

Температура, °С	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O (су буы)	Құрғақ ауа
0	1.5981	1.2970	1.3067	1.3062	1.5708	1.2852	1.4990	1.2991
100	1.7188	1.2991	1.3209	1.3062	1.6590	1.2978	1.5103	1.3045
200	1.8018	1.3045	1.3396	1.3146	1.7724	1.3020	1.5267	1.3142
300	1.8770	1.3112	1.3608	1.3230	1.8984	1.3062	1.5473	1.3217
400	1.9858	1.3213	1.3822	1.3356	2.0288	1.3104	1.5704	1.3335
500	2.0030	1.3327	1.4024	1.3482	2.1504	1.3104	1.5943	1.3469
600	2.0559	1.3453	1.4217	1.3650	2.2764	1.3146	1.6195	1.3612
700	2.1034	1.3587	1.4549	1.3776	2.3898	1.3188	1.6464	1.3755
800	2.1462	1.3717	1.4549	1.3944	2.5032	1.3230	1.6737	1.3889
900	2.1857	1.3857	1.4692	1.4070	2.6040	1.3314	1.7010	1.4020
1000	2.2210	1.3965	1.4822	1.4196	2.7048	1.3356	1.7283	1.4141
1100	2.2525	1.4087	1.4902	1.4322	2.7930	1.3398	1.7556	1.4263
1200	2.2819	1.4196	1.5063	1.4448	2.8812	1.3482	1.7825	1.4372
1300	2.3079	1.4305	1.5154	1.4532	-	1.3566	1.8095	1.4482
1400	2.3323	1.4406	1.5250	1.4658	-	1.3650	1.8341	1.4582
1500	2.3545	1.4503	1.5343	1.4742	-	1.3818	1.8585	1.4675
1600	2.3751	1.4587	1.5427	-	-	-	1.8824	1.4763
1700	2.3944	1.4671	1.5511	-	-	-	1.9055	1.4843
1800	2.4125	1.4746	1.5590	-	-	-	1.9278	1.4918
1900	2.4289	1.4822	1.5666	-	-	-	1.9638	1.4994
2000	2.4494	1.4889	1.5737	1.5078	-	-	1.9694	1.5376
2100	2.4591	1.4952	1.5809	-	-	-	1.9891	-
2200	2.4725	1.5011	1.5943	-	-	-	2.0252	-
2300	2.4860	1.5070	1.5943	-	-	-	2.0252	-
2400	2.4977	1.5166	1.6002	-	-	-	2.0399	-

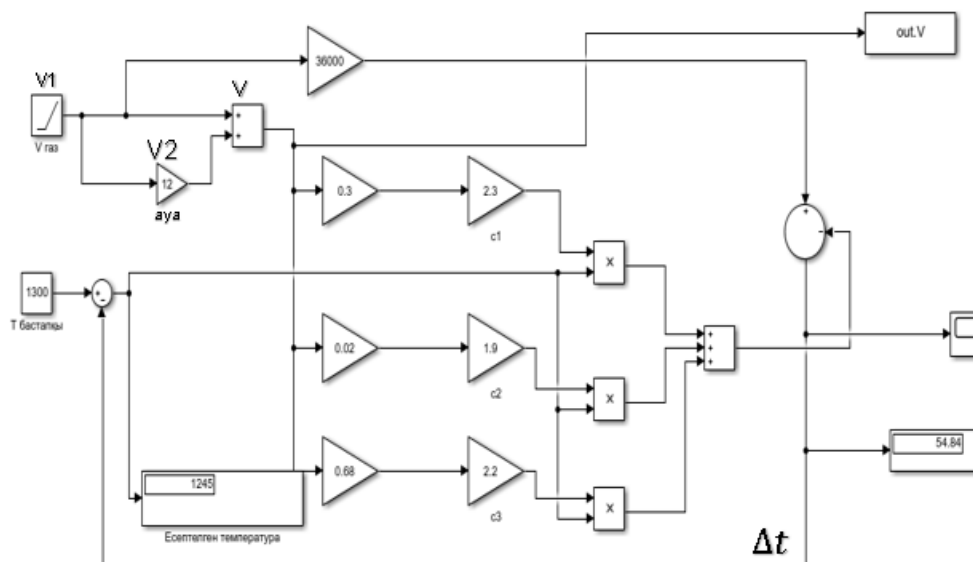
### 2.3.1 Есептеулерді имитациялық модельдеу

Модель-бұл нақты жүйенің жеңілдетілген көрінісі. Математикалық модель -бұл нақты объектіні сипаттайтын логикалық қатынастар жүйесі. Алайда, бұл физикалық жүйелердің нақты көшірмесі емес, олар тек физикалық жүйелердің маңызды ерекшеліктерін сипаттайды. Бұл жоба MATLAB бағдарламасын қолдана отырып жану температурасын есептеу моделін жасады [20].

Қазіргі MATLAB инженерлік және ғылыми есептеулердің жоғары тиімді тілі болып табылады. Ол математикалық есептеулерді қолдайды ғылыми графиканы визуализациялау және оңай игерілетін операциялық ортаны қолдана отырып бағдарламалау, мұнда есептер мен олардың шешімдері математикаға жақын жазбада ұсынылуы мүмкін. MATLAB жүйесінің ең танымал қосымшалары[3]:

- математика және есептеу;

- алгоритмдерді әзірлеу;
- есептеу экспериментін модельдеу прототипін модельдеу;
- деректерді талдау зерттеу және нәтижелерді визуализациялау;
- ғылыми және инженерлік графика;
- графикалық пайдаланушы интерфейсін қоса алғанда, қосымшаларды әзірлеу.



Сурет 2.4 - Жану температурасын есептеу моделі

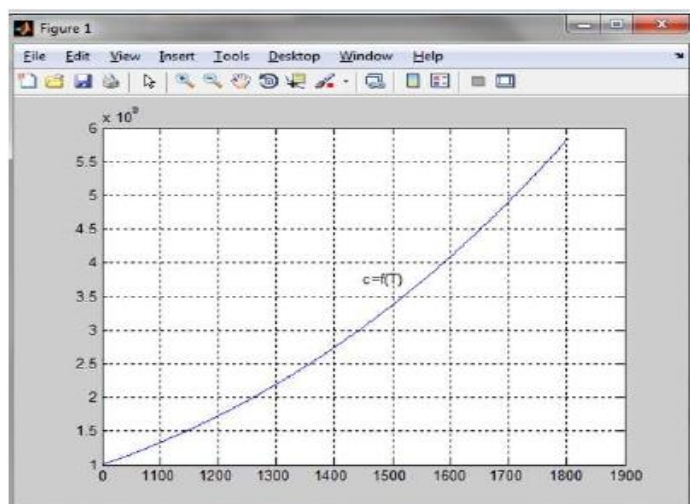
Бұл модель блоктармен есептеудің құрылымдық схемасында жоғарыда көрсетілген барлық операцияларды орындау арқылы бастапқы температураны реттейді. Оның міндеті - газдан бөлінген жану жылуын пайдаланылған газдардан шыққан жылумен салыстыру. Шығарылған газдардың бөлінген жылуы отынға қарағанда көбірек болғандықтан, іздеу реттегіші бастапқы температураны төмендетеді және оны материалдық тепе-теңдік орнатылғанға дейін дәлірек реттейді. Модельден келесі нәтижелер алынды  $T_{\text{бастапқы}}=1300^{\circ}\text{C}$  және есептелген температура  $T=1245^{\circ}\text{C}$ .

Бірнеше тәжірибе жүргізілді және келесі нәтижелер алынды (2.4-кесте):

2.4 Кесте - Бастапқы және есептелген температура мәндері

Тбастапқы, °C	Тесептелген, °C
1200	1262
1300	1245
1350	1244
1370	1229
1400	1192





Сурет 2.5 - Орташа көлемді жылу сыйымдылығының жану температурасына тәуелділік графигі

## 2.4 ГАА-ның басқару жүйесінің синтезі

### 2.4.1 Айдағыштың қуатын есептеу

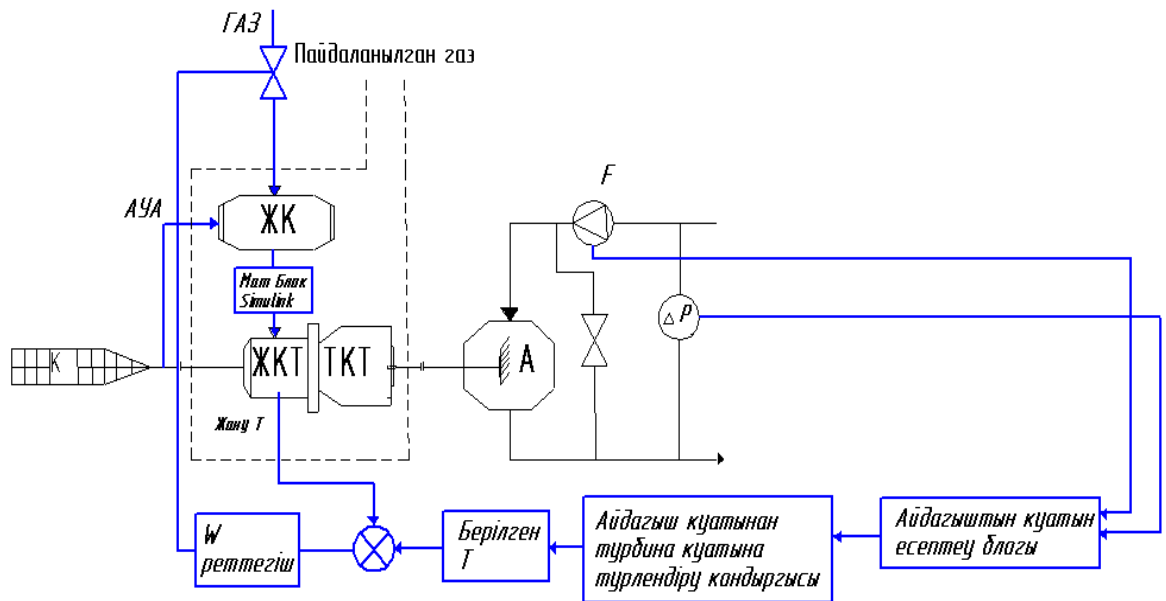
Газ айдау агрегаты 10 МВт дейін қуат өндіреді. Алайда оның ПӘК-гі 25-30% құрайды. Айдағыштың қуатын есептеу үшін датчиктардан дифференциалды қысым мәндерін алып тастау керек. Турбинаның айдағышы үшін қысымның рұқсат етілген айырмасы 1.4 а.т. м аспайды. Айдағыштың кіруіндегі айдалатын газдың қысымы 30 а.т.м құрайды, ал шығуында 42 а.т.м құрайды және нәтижесінде қысымның ауытқуы 12 а.т.м құрайды, бұл 1.2 МПа-ға сәйкес келеді. Айдағыштың орташа есеппен 2.3 м<sup>3</sup>/с газды айдайды. Сағатына 8400 м<sup>3</sup>, күніне 201600 м<sup>3</sup> айдайды. Келесі деректерді алғаннан кейін айдағыштың қуаты келесі формула бойынша есептеледі [16]:

$$N = \Delta P * Q = 1.2 * 2.3 = 2.8 \text{ МВт} \quad (2.15)$$

мұндағы  $\Delta P$  - қысым айырмасы,  $Q$  - айдау газының шығыны.

### 2.5 АБЖ құрылымын синтездеу

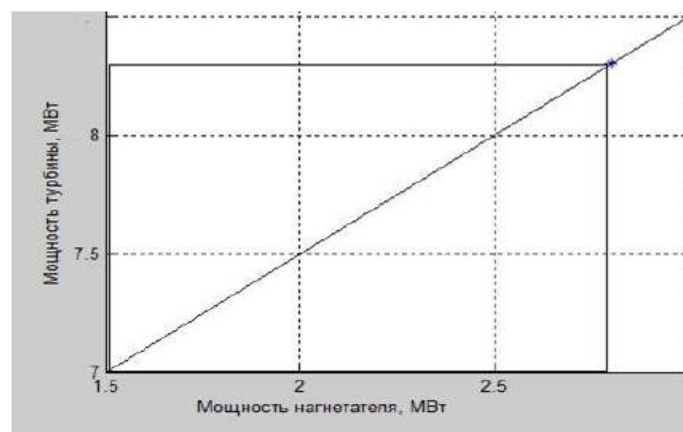
Автоматты басқару жүйесі газ тасымалдауға қажетті энергетикалық көрсеткіштер мен турбинаның жұмыс корпусын құруға жұмсалатын отын шығындары арасындағы тепе-теңдік қатынасына негізделген [19].



Сурет 2.6 – ГАЗ-ның АБЖ құрылымы

## 2.6 Берілген температураны есептеу

Берілген температураны есептеу үшін турбинаның қуатын табу керек. Турбинаның қуаты турбина мен айдағыштың қуатына тәуелділік графигінен анықталады (сурет. 3.2) [18].



Сурет 2.7 - Турбинаның қуаты турбина мен айдағыштың қуатына тәуелділік

Айдағыштың қуаты  $N_a = 2,8 \text{ МВт}$ , содан кейін графиктен турбинаның қуатын анықтауға болады, ол  $N_T = 8,3 \text{ МВт}$ -қа тең болады.

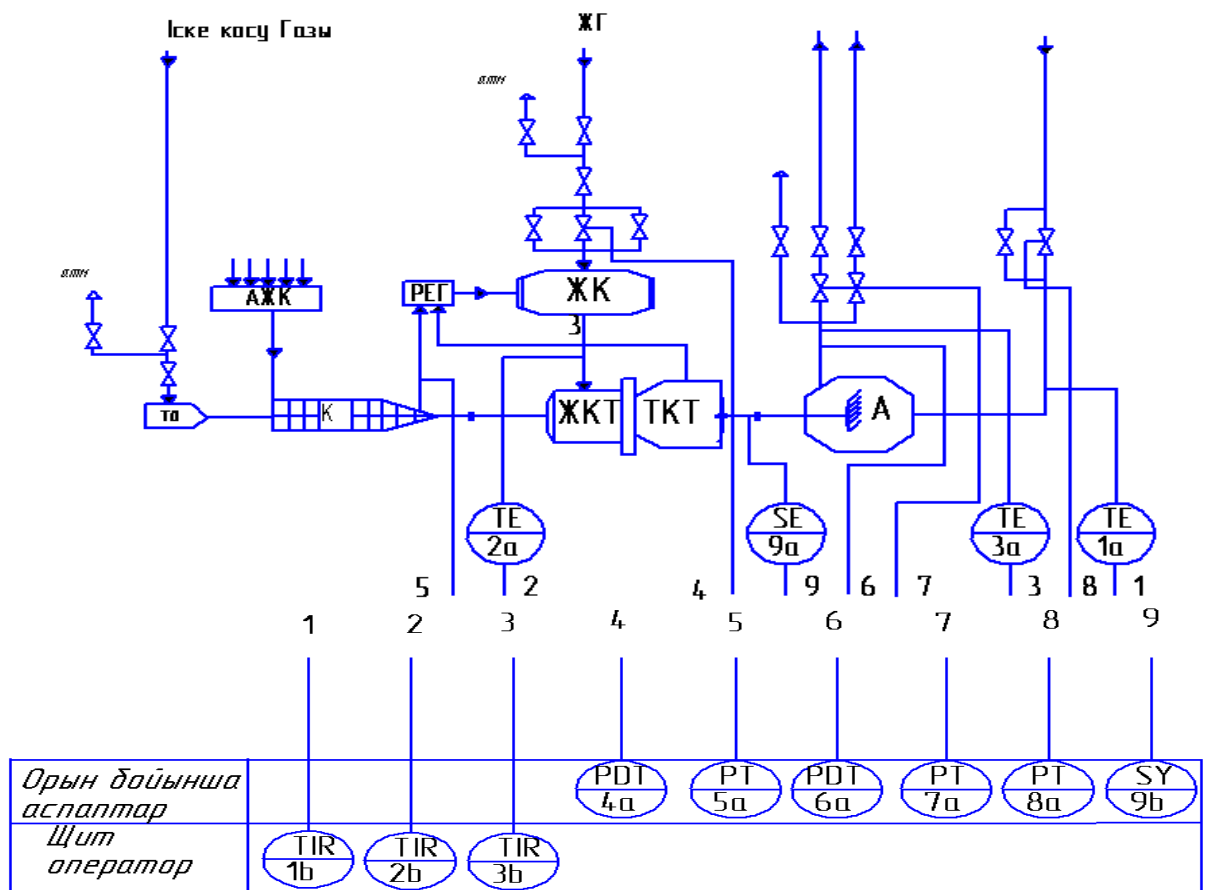
Берілген температура келесі формуланың көмегімен анықталады:

$$T_{\text{бер}} = \frac{N_T}{Q_{\text{ш}} * C_{\text{орт}}} \quad (2.16)$$

мұндағы  $N_T$ - турбинаның қуаты;  
 $C_{\text{орт}}$ - орташа көлемдік жылу сыйымдылығы;  
 $Q_{\text{ш}}$ -жұмыс денесінің шығыны.

## 2.7 ГАА функционалдық сызбасы

Автоматтандырудың функционалдық схемасы (АФС) өнеркәсіптік объектінің технологиялық қондырғылары мен жекелеген агрегаттарының функционалдық құрылымы мен автоматтандыру көлемін айқындайтын негізгі жобалау құжаттарының бірі болып табылады. Ол сызбалық шартты белгілермен: технологиялық жабдық; коммуникациялар; технологиялық жабдық пен автоматика элементтері арасындағы байланыстарды, сондай-ақ автоматиканың жекелеген элементтері арасындағы байланыстарды көрсете отырып, басқару органдары мен автоматтандыру құралдары (аспаптар, реттегіштер, есептеу құрылғылары) бейнеленген сызбаны білдіреді [9].



Сурет 2.8 - ГАА функционалдық сызбасы

Датчиктердің барлық түрлері орнында орнатылады. Барлық сенсорлар Метран фирмасынан таңдалды. Әрбір сенсорда DX индексі бар, өйткені олардың барлығы жарылысқа қарсы.

## 2.8 ГАА үшін SCADA жүйесін әзірлеу

Қазіргі уақытта SCADA жүйелері ақпаратты жинау, сақтау, өңдеу үшін және ақпарат айналымы тізбектерінің құрамына кіретін жетектер мен контроллерлерге басқару әсерін беруді ұйымдастыру үшін кеңінен қолданылады. SCADA қазіргі уақытта қауіпсіздік пен сенімділік тұрғысынан маңызды және маңызды салаларда күрделі динамикалық жүйелерді автоматтандырылған басқарудың негізгі және перспективалы әдісі болып табылады. Диспетчерлік басқару қағидаттарында өнеркәсіп пен энергетикада, көлікте, ғарыш және әскери салаларда, түрлі мемлекеттік құрылымдарда ірі автоматтандырылған жүйелер құрылады [10].

SCADA жүйесінің негізгі функциялары процестерді бақылау, диспетчерлік басқару, дабыл және оқиғалар журналын жүргізу, сонымен қатар деректерді құжаттау және мұрағаттау болып табылады.

Қазіргі уақытта көптеген SCADA бағдарламалары бар (3.1 кесте). Олардың ішінде ішкі нарықта мыналар танымал болды :

### 2.5 кесте - SCADA бағдарламалары

Scada	Компания	Ел
FactoryLink	United States Data Co	АҚШ
Intouch	Wonderware	АҚШ
Genesis	Iconics	АҚШ
Citect	CI Technology	Австралия
WinCC	Siemens	Германия
RealFlex	BJ Software systems	АҚШ
MasterScada	InSAT	Ресей
Fix	Intellution	АҚШ

Төменде, ең алдымен, пайдаланушыны қызықтыруы керек SCADA жүйелерін бағалау критерийлерінің тізімі берілген. Онда көрсеткіштердің үш үлкен тобын бөлуге болады:

- техникалық сипаттамалары;
- шығындар сипаттамасы;
- пайдалану сипаттамалары.

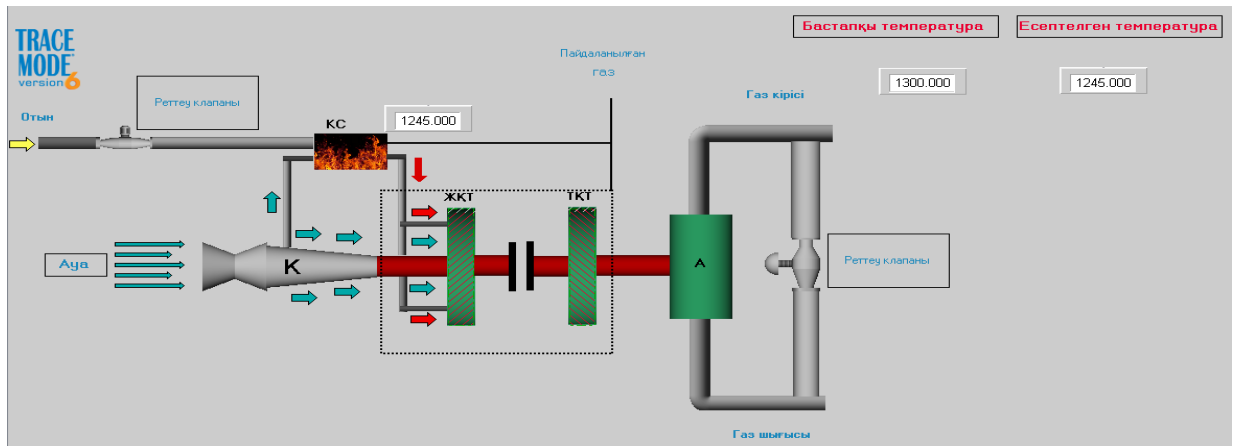
Техникалық сипаттамалары:

- SCADA жүйелеріне арналған бағдарламалық-аппараттық платформалар.

- Қолда бар желілік қолдау құралдары.
- Кіріктірілген командалық тілдер.
- Мәліметтер базасы.

- Графикалық мүмкіндіктер.
- Жүйелердің ашықтығы.
- Енгізу-шығару драйверлері.

SCADA жүйелерін талдағаннан кейін MasterScada SCADA жүйесін таңдау қабылданды.



Сурет 2.9 - SCADA жүйесіндегі ГАА визуализациясы

Функционалды түрде SCADA жүйелерінің графикалық интерфейстері өте ұқсас. Олардың әрқайсысында анимациялық функциялардың белгілі бір жиынтығы бар графикалық объектіге бағытталған редактор бар. Пайдаланылған векторлық графика таңдалған объект бойынша көптеген операцияларды жүргізуге, сонымен қатар анимация құралдарын қолдана отырып, экрандағы суретті тез жаңартуға мүмкіндік береді [21].

Бұл SCADA температураның мәнін алу үшін жасалған. Үш ауысу түймесі бар. Олардың екеуі графикаға көшеді. ГАА анықтамалық батырмасы ГАА төлқұжат деректерін қамтиды.

### 3 ТЕХНИКАЛЫҚ-ЭКОНОМИКАЛЫҚ НЕГІЗДЕМЕ

Қазақстан Республикасына газ өндірудің, тасымалдаудың технологиялық процестерін басқару құралдары мен жүйелеріне қажеттілік айқын және тұрақты жұмыс істейтін фактор болып табылады. Бәсекелестік жаңа технологиялардың пайда болуына, сондай-ақ оларды тиімді басқарудың әдістері мен құралдарының дамуы мен жетілуіне ықпал ететін нарықтық экономика жағдайында өндірісті автоматтандырудың өткір мәселесі болып отыр [22].

#### 3.1 Технологиялық процестің сипаттамасы

Автоматтандыру құралдарына үлкен сұраныс Қазақстанның отын-энергетикалық кешені сияқты басым салаларда байқалады. Орнатудың жұмыс процесінің экономикалық тиімділігін арттыру үшін оны автоматтандыру қажет.

Газ өнеркәсібі - Қазақстанның энергетикалық шаруашылығының тиімді отын салаларының бірі және өнеркәсіптік аудандарды отынмен жабдықтау экономикасына және тұтастай алғанда өндірісті дамытуға әсер етеді [23].

Бағдарламаланатын контроллерлер негізінде құрылған ГАА автоматтандырылған басқару жүйелерін енгізу газды айдау процесін автоматтандыруға, осы процесті бақылау мен басқаруды едәуір жеңілдетуге мүмкіндік береді. Газтурбиналық қондырғы (ГТҚ) екі негізгі бөліктен тұрады - бұл бір корпуста орналасқан күштік турбина және генератор. Жоғары температуралы газ ағыны қуат турбинасының қалақшаларына әсер етеді (момент жасайды). Жылу алмастырғыш немесе кәдеге жарату қазандығы арқылы жылуды жою қондырғының жалпы тиімділігін арттыруды қамтамасыз етеді. ГТҚ сұйық және газ тәрізді отынмен жұмыс істей алады. Қалыпты жұмыс режимінде - газбен, ал резервтік (авариялық) режимде - автоматты түрде дизель отынына ауысады. Газ турбиналық қондырғының оңтайлы жұмыс режимі жылу және электр энергиясының аралас өндірісі болып табылады. GTU базалық режимде де, ең жоғары жүктемелерді жабу үшін де жұмыс істей алады. Бүгінгі күні технологиялық процестің маңызды міндеті режим мен жабдықты қашықтықтан бақылау және басқару арқылы КС-ға вахтасыз қызмет көрсетуге көшу, сондай-ақ датчиктер мен автоматтандыру құралдарын жетілдіру жұмыспен қамтылған жұмысшыларды азайту есебінен елеулі экономикалық және әлеуметтік әсер алуға мүмкіндік береді. Бұл жұмыста ГТҚ-10 типті турбиналар қарастырылады .

#### 3.2 Автоматтандыру жүйелеріндегі шығындарды анықтау

Бұл жұмыста турбиналық қондырғыны автоматтандырудың 2 нұсқасын салыстыру қажет. Қалаған нұсқаны таңдап, оны дипломдық жұмыста жүзеге асыруға қабылдаңыз.

$$Ш_1 = (Ш_{\text{өнім}}^{\text{бағ}} + Ш_{\text{ж}} + Ш_{\text{іске}}) * Ш_{\text{аа}} + Ш_{\text{ж}} + Ш_{\text{эл}} + Ш_{\text{ө}} + Ш_{\text{ж}} + Ш_{\%}$$

мұндағы Ш<sub>өнім</sub><sup>бағ</sup> - бағдарламалық өнімді құруға арналған шығындар;  
 Ш<sub>ж</sub>- автоматтандыру жүйесіне арналған жабдыққа арналған шығындар;  
 Ш<sub>іске</sub>-іске қосу-жөндеу жұмыстарына арналған шығындар;  
 Ш<sub>аа</sub>- амортизациялық аударымдар нормасы;  
 Ш<sub>ж</sub>-автоматтандыру жүйесінде қызмет көрсететін персоналдың жалақысы;

Ш<sub>эл</sub>- электр энергиясына шығындар;

Ш<sub>ө</sub>- өзге де шығыстар;

Ш<sub>ж</sub>- жөндеуге арналған шығындар;

Ш<sub>о</sub>- банктік пайыз.

Бүкіл жұмыс процесі бір желіге қосылған компьютерлік блоктардың көмегімен басқару пункті арқылы бақыланады [24].

**Автоматтандырудың бірінші нұсқасын есептеу.**

Автоматтандыру жүйесіне және бағдарламалық өнімді құруға шығындарды анықтау.

**3.1 Кесте - Автоматтандыру жабдықтары мен құралдарына арналған шығындар**

Атауы	Саны (дана)	Бағасы, Теңге бірлікке.	Барлығы, теңге
Кедергі жылу түрлендіргіші Метран-ТП-8043	9	4560	41040
Кедергі жылу түрлендіргіші Метран-ТП-9211	3	4560	13680
Кедергі жылу түрлендіргіші Метран-ТМ-9206	2	2280	4560
Кедергі жылу түрлендіргіші Метран-ТМ-9207-01	4	4106	16416
Абсолютік қысым датчигі Метран-3051	7	27360	191520
Артық қысым датчигі Метран-55-ДИ-515	5	30400	152000
Шығынөлшегіш MicroMotion	2	188480	376960
Кернеу датчигі SIEMENS	1	24320	24320
Ауыстыру датчигі SIEMENS	1	15200	15200
Тоқ датчигі SIEMENS E-848	1	24320	24320
Вибрация датчигі ВК-310	4	27360	109440
Орналасу датчигі БСПТ-10	3	5320	15960
Қосқыш ПМЕ-112	3	1100	3300
Жылдамдық датчигі SIEMENS CRS-422 (TTL)	1	19760	19760
		Автоматтандыру жүйесіне арналған	1008476
Өндірістік компьютер	2	105000	210000
Модульдық процессор SIMATIC S7-300	1	2147000	2147000
Сеть PROFIBUS-DP	100 м	540	54000
		Кеңсе жабдықтары	2411000

Біз негізгі өндірістік қорларды есептейміз. Негізгі қорлар өндіріс процесіне ұзақ уақыт қатысады және өз құнын өнімнің өзіндік құнына біртіндеп, бөліктерге бөледі.

Жұмыста негізгі өндірістік қорлар бағдарламалық өнімді құруға арналған шығындар  $\text{Ш}_{\text{өнім}}^{\text{бағ}}$ , автоматтандыру жабдығына арналған шығындар  $\text{Ш}_{\text{а.ж}}$  және іске қосу-жөндеу жұмыстарына арналған шығындар  $\text{Ш}_{\text{іске}}$  болып табылады.

Бағдарламалық өнімді құру шығындарын анықтаймыз.

$$\text{Ш}_{\text{өнім}}^{\text{бағ}} = \text{Ш}_{\text{жаб}}^{\text{офис}} + \text{Ш}_{\text{ж}}^{\text{бағ}}$$

мұндағы  $\text{Ш}_{\text{жаб}}^{\text{офис}}$  - офис жабдықтарына арналған шығындар;

$\text{Ш}_{\text{ж}}^{\text{бағ}}$  - бағдарламалық өнімді құруға арналған жалақы.

1-кестеге сәйкес кеңсе жабдықтарына  $\text{Ш}_{\text{жаб}}^{\text{офис}}$  арналған шығындар құрайды 2411000 тг. Бағдарламалық өнімді жасау үшін жалақыны есептейміз.

$$\text{Ш}_{\text{ж}}^{\text{бағ}} = A * \text{Ай} * \text{Ж}_{\text{про}} * 1.21$$

мұндағы A-бағдарламалық өнімді жазуға қатысқан адамдардың саны;

Ай-бағдарламалық өнімді жазу үшін қажетті айлар саны;

$\text{Ж}_{\text{про}}$  - программистің жалақысы.

1.21- зейнетақы қорына аударымдар және қосымша салық.

$$\text{Ш}_{\text{ж}}^{\text{бағ}} = A * \text{Ай} * \text{Ж}_{\text{про}} * 1.21 = 1 * 3 * 1000 * 1.21 = 363000\text{тг}$$

Бағдарламалық өнімді құру шығындары:

$$\text{Ш}_{\text{өнім}}^{\text{бағ}} = \text{Ш}_{\text{жаб}}^{\text{офис}} + \text{Ш}_{\text{ж}}^{\text{бағ}} = 2411000 + 363000 = 2774000\text{тг}$$

1-кестеге сәйкес жабдыққа арналған шығындар мыналарды құрайды:

$$\text{Ш}_{\text{жаб}}^{\text{офис}} = 2411000\text{тг}$$

Іске қосу-жөндеу жұмыстарының шығындарын есептейміз. Іске қосу-жөндеу жұмыстары автоматтандыру жабдығына жұмсалатын шығындардың 5% - ын құрайды.

$$\text{Ш}_{\text{іске}} = \text{Ш}_{\text{жаб}}^{\text{офис}} * 0.05 = 2411000 * 0.05 = 120550\text{тг}$$

Амортизациялық аударымдардың шығындарын есептейміз. Амортизация-оның құнының бір бөлігін өнім шығару шығындарына қосу жолымен қордың тозуын ақшалай өтеу [25].



$$\text{Ш}_{\text{аа}} = (\text{Ш}_{\text{өнім бағ}} + \text{Ш}_{\text{жаб}}^{\text{офис}} + \text{Ш}_{\text{іске}}) * \text{Н}_{\text{аа}}$$

$\text{Н}_{\text{аа}}$  - амортизациялық аударымдардың нормасы. 15% тең деп қабылданады.

$$\begin{aligned} \text{Ш}_{\text{аа}} &= (\text{Ш}_{\text{өнім бағ}} + \text{Ш}_{\text{жаб}}^{\text{офис}} + \text{Ш}_{\text{іске}}) * \text{Н}_{\text{аа}} = \\ &= (2774000 + 2411000 + 120550) * 0.15 = 795832 \text{тг} \end{aligned}$$

Қызметкерлердің жалақысын анықтаймыз. Процесс толығымен автоматтандырылғандықтан, 3 ауысымға 4 инженерді жалдау жеткілікті.

$$\text{Ш}_{\text{ж}} = \text{А} * \text{Ай} * \text{Ш}_{\text{пер}} * 1.21$$

мұндағы  $\text{А}$  - Қондырғыға қызмет көрсетуге қажетті адам саны;  
 $\text{Ай}$  - айлар саны. 12-ге тең деп қабылданады (жылдағы айлар саны);  
 $\text{Ш}_{\text{пер}}$  - қызмет көрсетуші персоналдың жалақысы.  
 1.21- зейнетақы қорына аударымдар және қосымша салық.

$$\text{Ш}_{\text{ж}} = \text{А} * \text{Ай} * \text{Ш}_{\text{пер}} * 1.21 = 4 * 12 * 1.21 * 150000 = 8712000 \text{тг}$$

Электр энергиясының шығындарын анықтаймыз.

$$\text{Ш}_{\text{эл}} = P_{\text{қ}} * T_{\text{қ}} * 11.91 \frac{\text{тг}}{\text{кВт} * \text{сағ}}$$

мұндағы  $P_{\text{қ}}$  - орнатылған қондырғының қуаты;  
 $T_{\text{қ}}$  - белгіленген қуатты пайдалану сағаттарының саны;  
 $11.91 \frac{\text{тг}}{\text{кВт} * \text{сағ}}$  - бір кВт\*сағ құны.  
 Деректер бойынша қондырғы қуаты 1,5 кВт құрайды.  
 Белгіленген қуатты пайдалану сағаттарының санын анықтаймыз:

$$T_{\text{қ}} = (365 * 24) = 8760 \text{сағ}$$

Осылайша, электр энергиясының шығындары:

$$\text{Ш}_{\text{эл}} = P_{\text{қ}} * T_{\text{қ}} * 11.91 = 1.5 * 8760 * 11.91 = 156497 \text{тг}$$

Басқа шығындар жабдық шығындарының 10% мөлшерінде қабылданады

$$\text{Ш}_{\text{ө}} = 0.1 * \text{Ш}_{\text{а.ж}} = 0.1 * 1008476 = 100848 \text{тг}$$

Кез-келген жабдық сияқты, қондырғылар да тозады. Жабдықтың жұмысқа қабілеттілігін артыру үшін оның пайдалану сипаттамаларын қалпына келтіру мақсатында жөндеу жүргізіледі.

Жөндеуге арналған шығындар амортизациялық аударымдарға арналған шығындардың 15% - ын құрайды:

$$Ш_{ж} = 0.15 * Ш_{аа}$$

$$Ш_{аа} = 795832 * 0.15 = 119375\text{тг}$$

Жобаны жүзеге асыру үшін банкте негізгі өндірістік қорларға арналған шығындарға ( $Ш_{өнім}^{бағ} + Ш_{жаб}^{офис} + Ш_{іске}$ ) тең сомаға бастапқы инвестициялар алынады.

Қайтару керек несие 5 жылға алынады.

$$Ш_{\%} = \frac{\sum I_0}{5} + 10\%$$

онда  $\sum I_0$  - негізгі өндірістік қорларға жұмсалған шығындар сомасы; 10% - Банктің жылдық пайыздық мөлшерлемесі.

$$Ш_{\%} = \frac{\sum I_0}{5} + 10\% = \frac{3903026}{5} + 10\% = 858666\text{тг}$$

Барлық алынған мәндерді алмастыра отырып, біз бірінші автоматтандыру схемасына шығындар аламыз:

$$\begin{aligned} Ш_1 &= Ш_{аа} + Ш_{ж} + Ш_{эл} + Ш_{ө} + Ш_{ж} + Ш_{\%} \\ &= 119375 + 156497 + 858666 + 100848 + 8712000 + 795832 \\ &= 10743218\text{тг} \end{aligned}$$

### **Автоматтандырудың екінші нұсқасын есептеу**

Автоматтандыру жүйесіне және бағдарламалық өнімді құруға шығындарды анықтау [25].

Бағдарламалық өнімді құру шығындары бірінші нұсқадағыдай есептеледі:

$$Ш_{өнім}^{бағ} = Ш_{жаб}^{офис} + Ш_{ж}^{бағ} = 2764540 + 363000 = 3127540\text{тг}$$

Екінші жағдай үшін автоматтандыру жабдығына арналған шығындар

$$Ш_{а.ж} = 2764540\text{тг}$$

Іске қосу-жөндеу жұмыстары автоматтандыру жабдығына жұмсалатын шығындардың 5% - ын құрайды.

$$\text{Ш}_{\text{іске}} = 0.05 * \text{Ш}_{\text{а.ж}} = 2764540 * 0.05 = 138227\text{тг}$$

3.2 Кесте - Автоматтандыру жабдықтары мен құралдарына арналған шығындар

Атауы	Саны (шт.)	Сумма, Теңге бірлікке.	Барлығы, тенге
Кедергі термо түрлендіргіші Метран-Rosemount 0185	9	6000	54000
Кедергі термо түрлендіргіші Метран-270-МП	3	5000	15000
Кедергі термо түрлендіргіші Метран-276-МП	2	3510	7020
Кедергі термо түрлендіргіші Метран-274-Ех	4	4235	16940
Абсолюттік қысым датчигі Метран-2050	7	31275	218925
Артық қысым датчигі Метран-3196-02	5	28700	143500
Шығын өлшегіш MagFlow	2	134000	268000
Қуат датчигі SIEMENS (реле 3UG46)	1	28750	28750
Ауыстыру датчигі SICK DS-60	1	18000	18000
Тоқ датчигі Honeywell CSNA 111	1	22000	22000
Вибрация датчигі ВиКонт 371	4	31250	125000
Орналасу датчигі БСПТ-26	3	4850	14550
Іске қосқыш ПМЛ-1100	3	1740	5220
Жылдамдық датчигі Sitrans WS-30	1	22000	22000
		Автоматтандыру жүйесіне арналған шығындар жиынтығы	944355
Өндірістік компьютер	2	105000	210000
Модульдық процессор SIMATIC S7-400H	1	2500540	2500540
Сеть PROFIBUS-DP	100 м	540	54000
		Кеңсе жабдықтары шығындар жиынтығы	2764540

Екінші схема бойынша жабдықтың құнына сәйкес амортизациялық аударымдарға арналған шығындар

$$Ш_{aa} = (Ш_{өнім}^{бағ} + Ш_{а.ж} + Ш_{іске}) * H_{aa} = (3127540 + 2764540 + 138227) * 0.15 = 904546тг$$

Қызмет көрсететін персоналдың жалақысын бірінші нұсқадағыдай қабылдаймыз.

$$Ш_{ж} = 8712000тг$$

Электр энергиясына арналған шығындар  $Ш_{эл} = 156497тг$

Басқа шығындар жабдық шығындарының 10% мөлшерінде қабылданады.

$$Ш_{ө} = 0.1 * Ш_{а.ж} = 0.1 * 944355 = 90454тг$$

Жөндеуге арналған шығындар амортизациялық аударымдарға арналған шығасылардың 15% - ын құрайды:

$$Ш_{ж} = Ш_{aa} * 0.15$$

$$Ш_{ж} = 90454 * 0.15 = 135682тг$$

Жобаны жүзеге асыру үшін банкте негізгі өндірістік қорларға арналған шығындарға ( $Ш_{өнім}^{бағ} + Ш_{жаб}^{офис} + Ш_{іске}$ ) тең сомаға бастапқы инвестициялар алынады.

Қайтару керек несие 5 жылға алынады.

$$Ш_{\%} = \frac{\sum I_0}{5} + 10\%$$

онда  $\sum I_0$  - негізгі өндірістік қорларға жұмсалған шығындар сомасы; 10% - Банктің жылдық пайыздық мөлшерлемесі.

$$Ш_{\%} = \frac{\sum I_0}{5} + 10\% = \frac{4210122}{5} + 10\% = 926226тг$$

Барлық алынған мәндерді алмастыра отырып, біз бірінші автоматтандыру схемасына шығындар аламыз:

Осылайша, алынған барлық мәндерді алмастыра отырып, біз екінші автоматтандыру схемасына шығындар аламыз:

$$\begin{aligned} \text{Ш}_2 &= \text{Ш}_{\text{аа}} + \text{Ш}_{\text{ж}} + \text{Ш}_{\text{эл}} + \text{Ш}_{\text{ө}} + \text{Ш}_{\text{ж}} + \text{Ш}_{\%} \\ &= 904546 + 8712000 + 199597 + 90454 + 135682 + 926226 \\ &= 10968505\text{тг} \end{aligned}$$

### **3.3 Техникалық-экономикалық негіздемеге қорытынды шығару**

Автоматтандырудың екі схемасын есептеу нәтижесінде операциялық шығындардың бірінші нұсқасы тиімдірек деп қорытынды жасауға болады, өйткені бірінші автоматтандыру схемасының шығындары  $\text{Ш}_1 = 10743218\text{тг}$ , ал екіншісі  $\text{Ш}_2 = 10968505\text{тг}$ . Сондықтан дипломдық жобаны жүзеге асырудың бірінші нұсқасын таңдау туралы шешім қабылданады.

## 4 ТІРШІЛІК ҚАУІПСІЗДІГІ

### 4.1 Қауіпті және зиянды өндірістік факторларды талдау

Дипломдық жұмыста газды айдайтын жабдықты автоматты басқару жүйесі жобаланады. Бұл жүйе магистральдық станцияларда қолданылады. Барлық технологиялық процесс диспетчерлік пункттің көмегімен басқарылады [26].

Табиғи газ газ кен орындарынан немесе мұнай өндірумен (ілеспе газ) бірге өндіріледі және ауаға қол жеткізбестен ірганикалық заттардың ыдырау өнімі болып табылады. Өндіру орындарынан табиғи газ жоғары қысыммен компрессорлық станциялардың көмегімен магистральдық газ құбырлары арқылы тұтынушыларға тасымалданады.

Өндірістік жағдайда технологияның бұзылуы немесе процесті жүргізудің қажетті жағдайларының әсері нәтижесінде қызметкерлердің денсаулығына қауіп төндіретін жағдайлардың пайда болуын ескеру қажет.

КС - дағы ГАА жұмысы кезінде адам денсаулығына зиянды әсер ететін негізгі қауіпті өндірістік факторлар мыналар болып табылады:

Ауаның зиянды заттармен ластануы, олардың бірі сорылатын газ. Газдардың негізгі компоненті-метан. Кен орнына байланысты табиғи газдағы метанның мөлшері әртүрлі болуы мүмкін (85-98%). Санитариялық нормалар бойынша рұқсат етілген шекті концентрация (СН 245-71) жұмыс аймағының ауасында (көміртекке қайта есептегенде) 300 мг/м міндет. Ауадағы жарылғыштық шегі 5-15%. КС және басқа өндірістік үй-жайларда ауадағы метанның көлемдік құрамы 0,7% - дан аспауы тиіс. Ауаның ластануы айдағыштың корпусының бұзылуына және газ құбыры арматурасының зақымдалуына байланысты болуы мүмкін. Ауаның шаңмен ластануы, оның пайда болуы цех ауасында жүйеден газдар шығарылған кезде пайда болуы мүмкін.

Электр тоғы. ГАА жетегі 6,3 МВт электр қозғалтқышымен жабдықталған, ток күші (0-1000А) болады, кернеуі 380В. Сондай-ақ, цехта 220В және 380В айнымалы токтың электр қуатын жеткізетін процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйесі жұмыс істейді.

Жалпы жасанды жарықтандыру қуаты 80 Вт газ разрядты люминесцентті шамдармен қамтамасыз етіледі. Диспетчерлік пункт операторының көру жұмыстарының разряды III б., Енорм-200 лк (ҚР ҚНЖЕ 2.04-05-2002.). Сонымен қатар, кешкі және түнгі уақытта операторды жалпы жарықтандыруда жеткіліксіздік сезіледі, сондықтан біз қажетті жалпы жасанды жарықтандыруды есептейміз. Есептеу параметрлері бар диспетчерлік пункт үшін жүргізіледі :

Бөлменің өлшемдері: ұзындығы=21 м, ені=15 м, биіктігі=6 м

Көру жұмыстарының разряды-III, б.

## 4.2 Қорғаныс жерсіндіруді есептеу

Қосымша қорғаныс шарасы- цехтың барлық электр жабдықтарының металл корпусарын қорғайтын жерсіндіру болып табылады. Қорғаныс жерсіндіруі-бұл үлкен өткізгіштік жүйесі, сондықтан жанасу кернеуі қауіпсіз мәнге дейін төмендейді. Қорғаныс жабдығының конструктивтік элементі жерге тұйықтағыштар-жерге тұйықталған жабдықты жерге тұйықтағыштармен жалғайтын металл өткізгіштер болып табылады, қорғаныс жерге тұйықтауды ұзындығы  $L=3$  м және диаметрі  $d=0.05$  м, жерге  $t_0 = 3$  м ұзындыққа тереңдетілген тік өзекті жерге тұйықтағыштардан орындау болжанады [27].

Жерге орнатылған бір құбырлы жерге тұйықтағыштың кедергісі мына формуладан анықталады:

$$R_{mp} = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{2 \cdot L}{d} + \ln \frac{4t+L}{4t-L} \right), \quad (4.1)$$

мұндағы  $\rho$ -топырақтың меншікті кедергісі;

$L$ -құбырдың ұзындығы;

$t$ -төсеу тереңдігі.

$$\rho_B = \rho * \psi_B, \quad (4.2)$$

мұндағы  $\psi_B$ - маусымдылық коэффициенті, және 1.1-ге тең.  $\rho - 40 - 150$  Ом \* м, және  $\rho = 130$  Ом \* м деп аламыз.  $\rho_B = 130 * 1.1 = 143$  Ом \* м.

$$t = t_0 + \frac{L}{2} = 1.5 + 1.5 = 3$$
$$R_{mp} = \frac{143}{2 * 3.14 * 3} \left( \ln \frac{2 * 3}{0.05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 * 3 + 3}{4 * 3 - 3} \right) = 7.6 * (4.78 + 0.265)$$
$$= 38.342 \text{ Ом}$$

Көршілес және тік электродтар арасындағы қашықтықты таңдаймыз  $a / L=2$ ,  $a=6$  м.

Тік электродтардың санын анықтаймыз  $n$ .

Ол үшін тік электродтарды қолдану коэффициентінің көбейтіндісін табамыз.

$$(\eta_3 * n) = R_3 * R_{\text{нқосм}}; R_{\text{нқосм}} = 40 \text{ м}$$

$$(\eta_3 * n) = \frac{38.342}{4} = 9.58$$

Кесте бойынша  $N = 16$  дана

Құбырлы жерсіндіргіштерді қосу үшін қолданылатын металл жолақтың кедергісі мына формуладан анықталады:

$$R_n = \frac{\rho_n}{2 \cdot \pi \cdot L_n} \ln \frac{2 \cdot L_n}{b \cdot t} \quad (4.3)$$

мұндағы  $L_n$ -жолақтың ұзындығы;

$$L_n = n \cdot a = 15 \cdot 6 = 90 \text{ м};$$

$$\rho_n = \rho \cdot \psi_n = 130 \cdot 1.4 = 182 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

$$\psi_n = 1.4.$$

$$R_n = \frac{182}{2 \cdot 3.14 \cdot 90} \cdot \ln \frac{2 \cdot 90^2}{0.04 \cdot 3} = 0.32 \cdot 11.81 = 3.77 \text{ Ом}$$

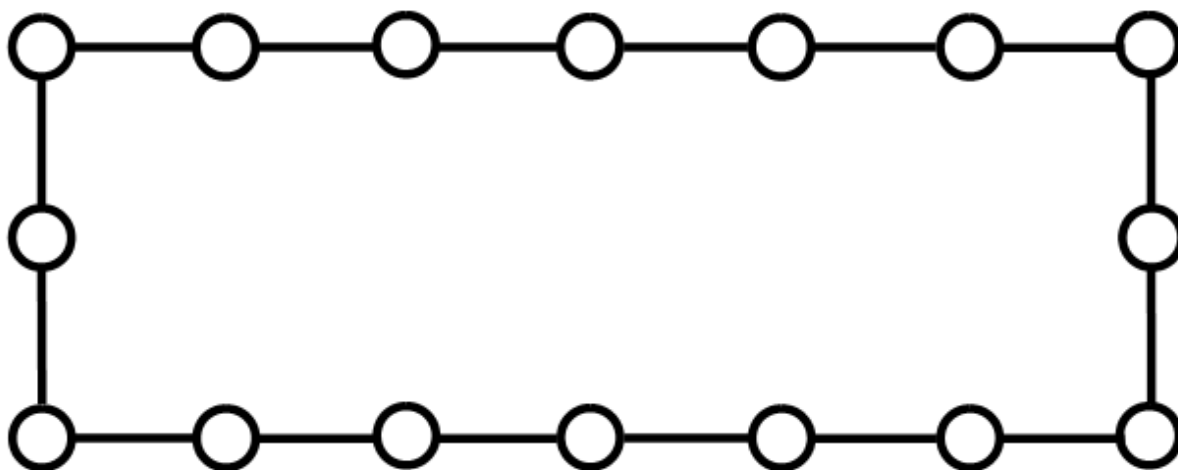
15 өзекті жерге тұйықтағыштан тұратын және байланыстырушы жолақтан тұратын жерге тұйықтағыш топырақтың кедергісі келесі формула бойынша анықталады:

$$R_{\text{гр}} = \frac{R_{\text{мп}} \cdot R_n}{R_{\text{мп}} \cdot \eta_{\Gamma} + R_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{в}} \cdot n}, \quad (4.4)$$

$a/L=2$  және  $n=16$  кезінде кесте бойынша  $\eta_{\Gamma} = 0.7, \eta_{\text{в}} = 0.36$  электродтардың коэффициенттерін табамыз:

$$R_{\text{гр}} = \frac{38.342 \cdot 3.77}{38.342 \cdot 0.36 + 3.77 \cdot 0.7 \cdot 15} = 2.7 \text{ Ом}$$

Талаптарға сәйкес жерсіндірудің жалпы кедергісі 4 Ом аспауы керек. Сонымен, жерге тұйықталу кедергісі  $R_{\text{гр}} \leq 4$  Ом, Бұл ТПЕ және ЭҚЕ талаптарына сәйкес келеді.



Сурет 4.1 - Цехтарда жерге тұйықтағыштардың орналасуы

**Қорытынды:** жерге қосу/электродтың кедергісі  $R_{\text{жер}}=2,7$  Ом .Бұл ТПЕ және ЭҚЕ талаптарына сәйкес келеді. Бір жерге тұйықтағыштардың саны 4.2 суретте көрсетілген 16 дана болды.



### 4.3 Жасанды жарықтандыруды есептеу

Көлденең жұмыс бетімен жалпы біркелкі жарықтандыруды есептеу үшін ең бастысы-төбелер мен қабырғалардан шағылысқан жарық ағынын ескеретін жарық ағынының әдісі. Есептеу төменде көрсетілген параметрлері бар диспетчерлік пункт үшін жүргізіледі [28].

Есептеу үшін бастапқы деректер:

Бөлменің өлшемдері: ұзындығы=21 м, ені=15 м, биіктігі=6 м

Көру жұмыстарының разряды-III, б сәйкес.

Көру жұмыстарының III разрядына арналған шағылысу коэффициенттері:

- Төбесі  $\rho_{\text{төбе}}=50\%$ ;

- қабырға  $\rho_{\text{қаб}}=10\%$ ;

- едені  $\rho_{\text{еден}} = 50\%$ ;

Осы типтегі бөлмелер үшін нормаланған жарықтандыру 200 люкске тең.

Әр шамның қажетті ағыны формула бойынша анықталады:

$$\Phi = \frac{E_{\min} * SzK_{\kappa}}{N * \eta}, \quad (4.5)$$

мұндағы  $E_{\min}$ -берілген нормаланған жарықтандыру;

$K_{\kappa}$ - қор коэффициенті жалпы жарықтандыру қондырғылары үшін жарықтандыру 1,5 тең қабылданады;

S - жарықтандырылған аудан  $21 \cdot 15 = 315 \text{ м}^2$  тең;

$z=1,1 \div 1,2$  – жарықтың біркелкі емес коэффициенті,  $z=1,1$  деп қабылдаймыз;

N-шамдардың саны;

$\eta$ - есептеу бетіне түсетін жарық ағынының бөлменің геометриялық параметрлерін (бөлме индексі  $i$ ) оның оптикалық сипаттамасымен (шағылысу коэффициенттерімен) байланыстыратын кестеден алынған жарықтандыру құрылғысының толық ағынына қатынасына тең пайдалану коэффициенті.

Бөлменің индексі мына формулалар бойынша анықталады:

$$i = \frac{A * B}{h * (A + B)}, \quad (4.6)$$

мұндағы A – бөлме ұзындығы;

B – бөлме ені ;

h- жұмыс бетінен іліну биіктігі мынадай формула бойынша анықталады: формуласы:

$$h = H - (h_{\text{ж.б}} + h_{\text{с}}), \quad (4.7)$$

мұндағы H-бөлменің биіктігі.

$$i = \frac{21 * 15}{(21 + 15) * 4.5} = 1.94$$

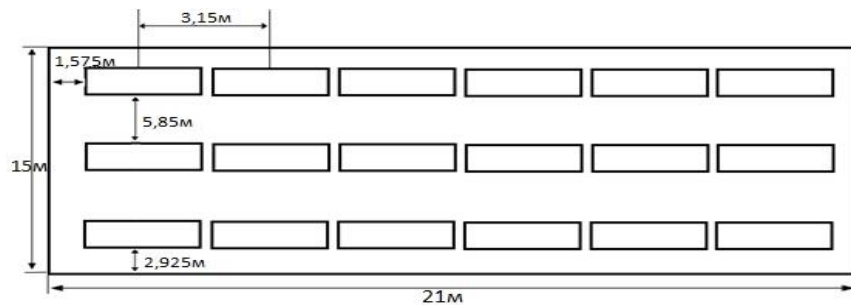
Жарық ағынын пайдалану коэффициентін  $\eta=35,52\%$  кестесі бойынша анықтаймыз.

Таңдалған ЛХБ 150 люминесцентті шамдары үшін 150 Вт қуатымен және  $\Phi=8000$  лм тең жарық ағынымен шамдардың санын мына формула бойынша анықтаймыз :

$$N = \frac{E_{min} * S * Z * K_k}{\eta * \Phi} = \frac{200 * 315 * 1.1 * 1.5}{0.3552 * 2 * 8000} = 18.29 \quad (4.8)$$

мұндағы Z- 1.1 ÷ 1.2-ге тең жарықтандырудың біркелкі емес коэффициенті;  
 $K_k$ - 1.5 тең деп қабылданған қор коэффициенті.

Біркелкі жарықтандыру мақсатында шамдардың санын 18 данаға дейін арттыру қажет.



Сурет 4.2 - Бөлмедегі шамдарды бөлу

$\lambda = 0.6 \div 2$  ескере отырып, шамдар арасындағы қашықтықты табамыз:

$$L_A = \lambda * h_{ecen} = 0,7 * 4,5 = 3,15 \text{ м}$$

$$L_B = \lambda * h_{ecen} = 1,3 * 4,5 = 5,85 \text{ м}$$

$$l_A = 0.5 * 3,15 = 1,575 \text{ м}$$

$$l_B = 0.5 * 5,85 = 2,925 \text{ м}$$

### Қорытынды:

Төбеден және қабырғалардан шағылысқан жарық ағынын ескере отырып, жарық ағыны әдісімен жарықтандыруды есептеу жүргізілді. 150 Вт қуаты бар 18 ЛНВ 150 шамы және  $F=8000$  LM-ге тең жарық ағыны анықталды.

### 4.4 Тіршілік қауіпсіздігі бөлімі бойынша қорытынды

Диспетчерлік пункттің үй-жайында жерге қосу және жарықтандыру есептері жүргізілді. Барлық қойылған міндеттер орындалды.

Жерге тұйықтауды есептеу кезінде бір тік жерге тұйықтағыштың жерге тұйықталу кедергісі белгілі болды, содан кейін шеберханалар үшін қажетті жерге

тұйықтағыштардың саны, олардың 16 дана қажет екендігі анықталды, бұл 4.1 суретте көрсетілген.

Жерге тұйықтағыштардың санын анықтағаннан кейін соңғы есептеу қорытынды кедергі бойынша жүргізілді  $R_{гр}=2,7$  бұл ТПЕ нормаларына сәйкес келеді.

Жарық ағыны әдісімен жарықтандыруды есептеу кезінде люминесцентті шамдардың қажетті саны = 18 дана, III-б көру жұмыстарының разряды және қуаты 150 Вт ЛХБ 150 шамдарын таңдау анықталды. Бөлмедегі шамдардың таралуы 4,3 суретте көрсетілген.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыста компрессорлық станция мен жалпы магистральдық газ құбырларының оңтайлы жұмыс режимдері зерттелді. Жүргізілген жұмыстың нәтижесінде жану камерасындағы жану температурасын есептеудің математикалық моделі жасалды. Осы модельді модельдеу кезінде реттелген температураның бірнеше мәні алынды. ГАА-ның АБЖ құрылымы жасалды, ол газды тасымалдау үшін қажетті энергетикалық көрсеткіштер мен турбинаның жұмыс сұйықтығын құруға арналған отын шығындары арасындағы тепе-теңдік қатынасына негізделген.

Экономикалық бөлімінде дипломдық жұмыстың ГАА автоматтандыру сызбасына кеткен шығындар есептелді. Сондай-ақ, бастапқы инвестициялардың құны анықталды. Автоматтандырудың екі схемасы жасалды, оның ең тиімдісі бірінші автоматтандыру схемасы болды.

Дипломдық жұмыста газ айдау қондырғылары бар газ құбырының компрессорлық станцияларында еңбекті қорғау және қауіпсіздік техникасы мәселелері қарастырылды.

## ҚЫСҚАРТУЛАР ТІЗІМІ

ГЖЖ – газбен жабдықтау жүйесі

ТП – технологиялық процесс

ЭЕМ - электрлік есептеуші машинасы

БАБЖ - бірыңғай автоматтандырылған басқару жүйесі

АБЖ – автоматты басқару жүйесі

ГТК - газ тасымалдау кәсіпорны

ГАА – газ айдау агрегаты

ТПАБЖ – технологиялық процессті автоматты басқару жүйесі

КС – компрессорлық станция

## ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Бердюк.В.В.,Бородавкин.П.П.,Галеев.В.Б және т.б. «Строительство и монтаж насосных и компрессорных станций магистральных трубопроводов». «Недра», 1968 ж. 283 б.
- 2 Паранук.А .А, Мамий.С. А. «Эксплуатация насосных и компрессорных станций»/ жоғары оқу орындарының студенттеріне арналған оқу құралы / А. А. Паранук, П. Яблоновский, Краснодар-баспагер: Краснодар ЦНТИ-Ресей Энергетика министрлігінің "РЭА" ФГБУ филиалы, 2019 ж. 286 б.
- 3 Газ айдау қондырғысының автоматты басқару жүйесін құру «Сатпаевские чтения – 2021»: «Автоматизация и роботизация» Исакова А.М, Нуров.Н.Ж
- 4 Эксплуатация магистральных газопроводов. Бас. 2-ші, қайта өңдеу және толықтыру. И. Я. Котляр, В. М. Пиляк. Л., «Недра», 1971 ж, 248 б.
- 5 Озол.П.Ж. Автоматизация компрессорных станций с электроприводными газоперекачивающими агрегатами. – Л.: Недра, 1981. – 60 б.
- 6 Ключев.А.С. және т.б."Проектирование систем автоматизации технологических процессов". Анықтамалық нұсқаулық-М.: Энергия, 1980 ж. – 512 б.
- 7 Автоматизация компрессорных станций магистральных газопроводов / Грищенко.А.З., Богаенко.И. Н., Артемов Ю. И. және т. б. – К.: Техника, 1990 ж. – 128 б.
- 8 Дубинин М.М. «Компрессорные установки в нефтяной и газовой промышленности». «Недра», Москва 1970 ж. 184 б.
- 9 Промтов А.И. «Технологическое оборудование компрессорных станций магистральных газопроводов и его эксплуатация» Москва 1962 ж.
- 10 Сергованцев В.Т., Кучин Б.Л., Гарляускас А.И., Тихомиров Е.Н. «Централизованный контроль и оптимальное управление на магистральных газопроводах». Л., «Недра», 1973 ж. 328 б.
- 11 Храпач Г.К. Эксплуатация компрессорных установок. М., «Недра», 1972 ж, 280 б.
- 12 «Дальний транспорт газа». Никитенко.Е.А. Москва, «Недра», 1970 ж., 288 б.
- 13 Газовое оборудование, приборы и арматур (анықтамалық нұсқаулық). М.:өндіріші «Недра»,1972 ж. 520 б.
- 14 Газотурбинные установки. Атлас конструкций и схем [Мәтін] : университеттерге арналған оқу құралы/ ред. Л. А. Шубенко-Шубин.2-ші бөлім., - М. : Машина жасау, 1976 ж. - 164 б.
- 15 Автоматизация газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным приводом [Мәтін] / ғылыми, К. А. Тельнов [және т.б] ; К.А.Тельнов. - Л. : Недра., 1983. - 280 б.

16 Повышение эффективности эксплуатации энергопривода компрессорных станций [Мәтін] : өндірістік-практикалық басылым / Б. П. Поршаков [және т.б]. - М. : Недра, 1992. - 208 б.

17 Газотурбинные установки [Мәтін] : “ Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов, газохранилищ и нефтебаз” мамандық бойынша оқитын ЖОО студенттеріне арналған оқулық / Б. П. Поршаков. - М. : Недра, 1992. - 240 б.

18 Повышение эффективности использования газа на компрессорных станциях / В.А. Динков, А.И. Гриценко, Ю.Н. Васильев, П.М. Мужилевский. – М.: Недра, 1981 ж. – 296 б.

19 Бейсембаев А.А. Сызықты автоматты реттеу жүйелері. Бөлім I. 5B070200 – «Автоматтандыру және басқару» мамандығы бойынша күндізгі бөлімнің студенттері үшін практикалық сабақтарды өткізуге және курстық жұмысты орындауға арналған әдістемелік нұсқаулары. Алматы: ҚазҰУ, 2015. – 32 б

20 Matlab данные технических данных URL: <http://www.exponenta.ru/educat/free/matlab/gs.pdf>

21 SCADA-системы//KIPEXPERT.ru: сайт компонентов скарда систем. URL: <http://www.kipexpert.ru/component/content/article/116-scada-sistemi/392-scada-sistemy-obzor-scada-sistem.html>

22 Мохов В.Г. Организационная и экономическая часть дипломного проекта: студенттерге арналған оқу құралы. /Мохов В.Г. Челябинск: ЧПИ, 1986.

23 Жакып Г.Б., Хавронская А.М., Дуйсемалиева М.У. «Оценка технико-экономической эффективности автоматизированных систем управления технологическими процессами» дипломдық жобалардың экономикалық бөлімін орындау бойынша әдістемелік нұсқау (3601, 3605, 3702, 3704 мамандықтар студенттері үшін) Алматы 1997 ж.

24 Темірғалиев С.Ж. Дипломдық жобаның (жұмыстың) экономика бөлімі. Әдістемелік нұсқау (бейэкономикалық мамандықтар үшін). Алматы, ҚазҰТУ, 2009.

25 Әубәкіров Я.ж.б. Экономикалық теория негіздері. Алматы, 1998 ж.

26 Трофимова С. И. Безопасность жизнедеятельности: Оқу құралы. / С. И. Трофимова, В. И. Чуманов, В. А. Шишимиров – Челябинск: Изд. ЮурГУ, 2003.

27 Меркулова В.П., Нуркеев С.С., Сесенбиев М.Ж. «Охрана труда и окружающей среды в дипломном проекте». Дипломдық жобаның(жұмыстың) бөлімін орындауға әдістемелік нұсқау. Ч. 1. Алматы: ҚазҰТУ, 1997 ж., 1-32.б .

28 Кукин И.ГГ Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Еңбекті қорғау: жоғары оқу орындарына арналған оқу құралы. / 11.11.Кукин, В.Л.Лапин, Е.А. Подгорных М.: Высшая школа, 1999.

## Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Нуров Нуржан Жаркынович

**Название:** Газ айдау қондырғысының автоматты басқару жүйесін құру

**Координатор:** Айгул Искакова

**Коэффициент подобия 1:** 3.8

**Коэффициент подобия 2:** 2.6

**Замена букв:** 22

**Интервалы:** 0

**Микропробелы:** 0

**Белые знаки:** 0

**После анализа Отчета подобия констатирую следующее:**

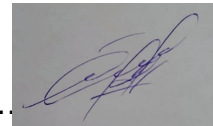
- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

Дипломдық жұмысты қорғауға рұқсат етіледі.

27.05.2021

Дата



Подпись Научного руководителя



**Протокол анализа Отчета подобия**

**заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения**

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Нуров Нуржан Жаркынович

**Название:** Газ айдау қондырғысының автоматты басқару жүйесін құру

**Координатор:** Айгул Искакова

**Коэффициент подобия 1:**3.8

**Коэффициент подобия 2:**2.6

**Замена букв:**22

**Интервалы:**0

**Микропробелы:**0

**Белые знаки:**0

**После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:**

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

**Обоснование:**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Дата

*Подпись заведующего кафедрой /*

*начальника структурного подразделения*

**Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Дата

*Подпись заведующего кафедрой /*

*начальника структурного подразделения*