

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

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

Ә. Бүркітбаев атындағы Энергетика және Машина жасау институты
«Технологиялық машиналар және жабдықтар» кафедрасы

Арғынбай Ғизат Ғапуұлы

Тақырыбы: «Газ тасымалы көлемін арттыру мақсатында "Бейнеу-Бозой-Шымкент" магистралды газ құбырының КС-1 "Бозой" станциясына қолданылатын Solar Turbines Incorporated компаниясының жаңартылған Titan 130S газтурбиналық компрессорлық агрегатын орнату»

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

6B07115 – «Технологиялық машиналар және жабдықтар»

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

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

Ә. Бүркітбаев атындағы Энергетика және Машина жасау институты

Технологиялық машиналар және жабдықтар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд.,

қауымдастырылған

сср

Б.З.Калиев

2025 ж.

Тақырыбы: «Газ тасымалы көлемін арттыру мақсатында "Бейнеу-Бозой-Шымкент" магистралды газ құбырының КС-1 "Бозой" станциясына колданылатын Solar Turbines Incorporated компаниясының жанартылған Titan 130S газтурбиналық компрессорлық агрегатын орнату»

6B07115 – «Технологиялық машиналар және жабдықтар»

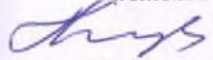
Орындаған:

Арғынбай Ғ.Ғ.

Рецензент

Доцент, т.ғ.к.

(ғылыми дәрежесі, атағы)

 Мусабеков Р.А.

колы

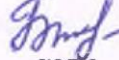
аты-жөні

«10» 06 2025 ж.

Ғылыми жетекші

қауымдастырылған профессор, PhD

(ғылыми дәрежесі, атағы)

 Басқанбаева Д.Ж.

колы

аты-жөні

«10» 06 2025 ж.

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

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

Ә. Бүркітбаев атындағы Энергетика және Машина жасау институты

Технологиялық машиналар және жабдықтар кафедрасы

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі
техн.ғыл.канд.,

**Дипломдық жоба орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Арғынбай Ғизат Ғанұлы

Тақырыбы: «Газ тасымалы көлемін арттыру мақсатында "Бейнеу-Бозой-Шымкент" магистралды газ құбырының КС-1 "Бозой" станциясына қолданылатын Solar Turbines Incorporated компаниясының жасап шығарған Titan 130S газтүрбиналық компрессорлық агрегатын орнату»

Университет ректорының «29» қаңтар 2025 ж. №26-П/Ө бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі: 2025 жыл «12» мамыр

Дипломдық жобаның бастапқы берілістері: Осы дипломдық жобада Solar Turbines Incorporated компаниясы шығарған заманауи Titan 130S газтүрбиналық компрессорлық агрегатын КС-1 «Бозой» компрессорлық станциясына орнату қарастырылады.

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі:

1 «Бейнеу-Бозой-Шымкент» магистралды газ құбырының сипаттамасы.

2 Компрессорлық агрегаттың майлау жүйесі.

3 Модернизациялау жобасының алғы шарттары мен мақсаттары.

4 Қауіпсіз еңбек жағдайларын қамтамасыз ету шаралары.

Сызба материалдар тізімі: 1) Техника-экономикалық көрсаткіштер

2) Газтүрбиналық қолп ағуы 3) Машина ағуы орнату 4) VMIT Titan 130S Газтүрбина агрегаты.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 18 атау

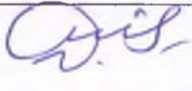
5) Газтүрбиналық қолп ағуы

Дипломдық жобаны даярлау

КЕСТЕСІ

Бөлім атаулары, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге, кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
1. Негізгі бөлім	10.02.2025	
2. Арнайы бөлім	01.03.2025	
3. Патенттік бөлім	02.04.2025	
4. Есептік бөлім	20.04.2025	
5. Экономикалық бөлім	01.05.2025	
6. Еңбекті қорғау бөлімі	10.05.2025	

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолтаңба қойылған мерзімі	Қолы
Дипломдық жұмыс бөлімдері	Басқанбаева Д.Ж., PhD, ассоц. профессор		
Қалып бақылаушы	Сарыбаев Е.Е. PhD, Аға оқытушы	10.06.2025	

Ғылыми жетекшісі _____ / Басқанбаева Д.Ж./

Тапсырманы орындауға білім алушы _____ / Арғынбай F.F./

Күні « 10 » маусым - 2025 ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жобада «Бейнеу-Бозой-Шымкент» магистральды газ құбырының КС-1 «Бозой» компрессорлық станциясына *Solar Turbines Incorporated* компаниясының заманауи Titan 130S газтурбиналық компрессорлық агрегатын орнату қарастырылған. Газ құбырының техникалық сипаттамалары мен компрессорлық станцияның жұмыс принциптері көрсетілген.

Titan 130S агрегатының технологиялық сызбасы және қолданыстағы жүйеге біріктіру мүмкіндіктері талданған. Газ тасымалдаудың тиімділігін арттыру, қысыммен айдау қуатын ұлғайту және пайдалану шығындарын төмендету мақсатында инженерлік есептеулер жүргізілді.

АННОТАЦИЯ

В данном дипломном проекте рассматривается установка модернизированного газотурбинного компрессорного агрегата Titan 130S производства компании *Solar Turbines Incorporated* на компрессорной станции КС-1 «Бозой» магистрального газопровода «Бейнеу-Бозой-Шымкент». Приведены основные характеристики магистрального газопровода и существующего оборудования станции.

Рассмотрена технологическая схема работы газотурбинного агрегата Titan 130S и его интеграция в действующую инфраструктуру. Выполнены расчеты, подтверждающие повышение эффективности транспортировки газа за счет увеличения мощности компримирования и снижения эксплуатационных затрат. Проведены механические и теплотехнические расчеты, а также гидравлический анализ процесса перекачки газа.

ANNOTATION

This graduation project presents the modernization of the CS-1 "Bozoy" compressor station of the "Beineu-Bozoy-Shymkent" main gas pipeline through the installation of the Titan 130S gas turbine compressor unit manufactured by *Solar Turbines Incorporated*. The technical characteristics of the pipeline and the operating principles of the compressor station are described.

The technological layout of the Titan 130S unit and its integration into the existing infrastructure are examined. Engineering calculations have been carried out to justify the increased gas transportation efficiency, enhanced compression power, and reduced operational costs.

КІРІСПЕ

Қазақстан Республикасында табиғи газ өндіру мен тұтыну көлемдерінің үнемі артуына байланысты энергия ресурстарын тұрақты, жоғары тиімді және экологиялық қауіпсіз тасымалдауды қамтамасыз ету қажеттілігі артып отыр. «Бейнеу-Бозой-Шымкент» магистральды газ құбыры елдің газ көлік жүйесінің маңызды буыны болып табылады, ол батыс өңірлердегі кен орындарынан алынған газды оңтүстік аймақтарға және Орталық Азия елдеріне жеткізуді қамтамасыз етеді.

Осы бағыттағы стратегиялық маңызы бар нысандардың бірі — КС-1 «Бозой» компрессорлық станциясы. Бұл станцияның тиімді жұмысы құбыр желісі бойынша газды тұрақты және тиісті қысыммен тасымалдауға тікелей әсер етеді. Газға деген сұраныстың өсуі және жабдықтардың ескіруіне байланысты станцияны жаңғырту қажеттілігі туындап отыр.

Осы дипломдық жобада *Solar Turbines Incorporated* компаниясы шығарған заманауи Titan 130S газтурбиналық компрессорлық агрегатын КС-1 «Бозой» компрессорлық станциясына орнату қарастырылады. Titan 130S агрегаты жоғары энергия тиімділігімен, сенімділігімен, қызмет көрсету ыңғайлылығымен және экологиялық талаптарға сәйкестігімен ерекшеленеді.

Жоба аясында компрессорлық станция мен агрегаттың техникалық және технологиялық сипаттамалары қарастырылып, агрегатты енгізудің тиімділігін дәлелдейтін қажетті инженерлік есептеулер жүргізілді. Сонымен қатар, жобаның техникалық-экономикалық негіздемесі, еңбек қауіпсіздігі мен қоршаған ортаны қорғау шаралары ұсынылған.

Дипломдық жұмыстың мақсаты — газ тасымалдау көлемін арттыру және магистральды газ құбырының сенімділігін қамтамасыз ету мақсатында КС-1 «Бозой» станциясын Titan 130S газтурбиналық агрегаты негізінде жаңғырту жобасын негіздеу.

1 Техникалық және технологиялық бөлім

1.1 «Бейнеу-Бозой-Шымкент» магистральды газ құбырының сипаттамасы

«Бейнеу-Бозой-Шымкент» магистральды газ құбыры (МГҚ ББШ) — Қазақстан Республикасындағы ең ірі инфрақұрылымдық жобалардың бірі болып табылады. Бұл жоба елдің оңтүстік өңірлерін табиғи газбен қамтамасыз ету және Орталық Азия мен Қытай бағытында экспорттық әлеуетті арттыру мақсатында іске асырылды. Газ құбырының жалпы ұзындығы 1500 шақырымнан асады, диаметрі — 1067 мм, ал жұмыс қысымы — 7,5 МПа дейін жетеді.

Құбыр желісі климаттық жағдайлары күрделі аймақтар арқылы өтеді, мұнда ауа температурасының күрт өзгеруі мен құрғақ ауа райы ескерілген. Құбыр бірнеше облыстар арқылы өтеді және бірнеше компрессорлық станцияны қамтиды. Олардың ішінде КС-1 «Бозой» станциясы басты рөл атқарады, себебі ол газдың тұрақты қысымын және көлемін қамтамасыз етеді.

КС-1 «Бозой» — бұл магистраль бойындағы алғашқы станциялардың бірі. Ол солтүстік-батыс кен орындарынан келетін газға қажетті қысым береді және газды әрі қарай тасымалдауға дайындайды. Газ тасымалдау көлемінің артуы мен ескі жабдықтардың тозуына байланысты станцияны жаңғырту қажеттілігі туындады. Бұл ретте жаңа, қуатты әрі тиімді агрегаттарды орнату өзекті мәселеге айналды.

«Бозой» компрессорлық станциясының негізгі технологиялық объектісі — магистральдық газ құбырына қызмет көрсететін компрессорлық цех болып табылады. Газ қосылу торабынан екі магистральдық газ құбырынан — «Бейнеу» КС (САЦ) және Гис Бозой «МГ Бұхара – Орал» бағытынан Ду1000 мм сақинасы арқылы газ тазарту қондырғысына беріледі. Тазартылғаннан кейін газ компрессорлық цехтағы газ айдағыш агрегаттардың сору жағына түседі. Газ үш ГТК-10-4 газ айдағыш қондырғылары арқылы сығылады. Газ айдағыш қондырғылар тізбекті түрде қосылған.

Сығылған газ компрессорлық цехтан Ду1000 мм екі құбыр арқылы салқындату қондырғысына бағытталады. Газды салқындату ауа салқындатқыш аппараттарында жүзеге асырылады.

Газ 13,9–39,6°C температураға дейін салқындатылғаннан кейін Ду1400 мм шлейф арқылы магистральдық газ құбырына беріледі. Компрессорлық станцияның магистральдық газ құбырына қосылу торабы магистральдық газ құбырына арналған тазарту құрылғыларын қабылдау және іске қосу камераларымен біріктірілген. Газ құбырын тазарту нәтижесінде алынған өнімдер — су мен көмірсутек конденсаты — арнайы жинау құрылғысына бағытталып, бұл элемент осы жобаның желілік бөлігінде ескерілген.



1.1 - Сурет – «Бейнеу–Бозой–Шымкент» газ құбыры

1.1 - Суретте «Бейнеу – Бозой – Шымкент» магистральды газ құбырының Қазақстан аумағындағы бағыттары мен тораптық нүктелері көрсетілген. Бұл жоба еліміздің оңтүстік өңірлерін табиғи газбен қамтамасыз етуде стратегиялық рөл атқарады. КС-1 «Бозой» осы жүйенің маңызды элементтерінің бірі болып табылады және газды тиімді тасымалдау үшін жаңғыртылуы тиіс.

Бұл – "Бейнеу – Бозой – Шымкент" магистральды газ құбырының картасы. Сурет Қазақстан Республикасы аумағындағы негізгі газ құбырларының бағыттарын және КС (компрессорлық станциялар) мен магистральдардың инфрақұрылымдық желілерін бейнелейді.

- Қызғылт сары түспен көрсетілген – "Бейнеу – Бозой – Шымкент" газ құбырының бағыты;
- Маршрут батыстан (Маңғыстау облысы, Бейнеу ауданы) басталып, Қызылорда, Түркістан және Шымкент қалаларына дейін созылады;
- Құбыр Өзбекстан, Қырғызстан және Қытай шекараларына жақын орналасқан, бұл жобаның аймақтық және халықаралық деңгейде маңыздылығын көрсетеді;
- Картада КС-1 Бозой, КС-2 Арнасай, КС-3 Сексеуіл, КС-4 Түркістан секілді негізгі компрессорлық станциялар көрсетілген.



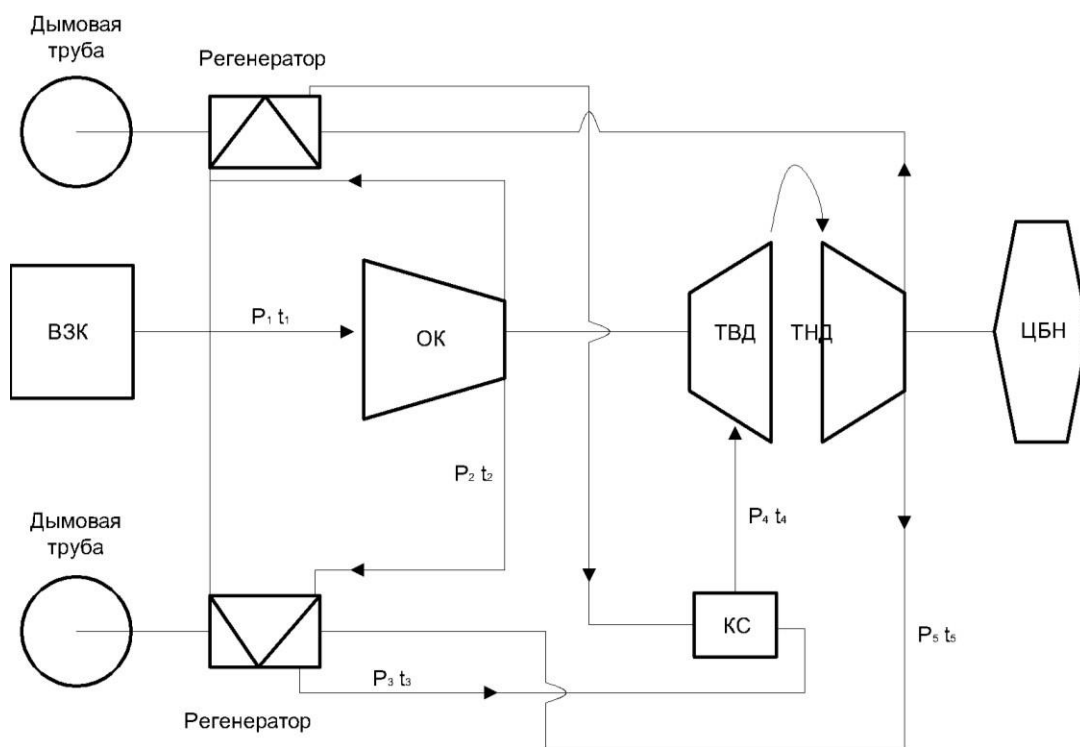
1.2 Сурет – «Бозой» компрессорлық станциясы (бұдан әрі – КС)

1.2 суретте КС-1 «Бозой» компрессорлық станциясының жалпы көрінісі бейнеленген. Станция құрылымында газды қабылдау, тазалау, сығу және қайта жіберу процестерін атқаратын модульдер толық қамтылған. Бұл станция «Бейнеу-Бозой-Шымкент» магистральды газ құбырының негізгі тораптарының бірі болып табылады.

Бұл суретте магистральды газ құбырының компрессорлық станциясы бейнеленген. Нақтырақ айтқанда, бұл КС-1 «Бозой» компрессорлық станциясы болуы мүмкін, себебі:

- Көптеген сары түсті жоғары қысымды газ құбырлары — табиғи газ ағынының бағытын көрсетеді;
- Көп сатылы компрессорлық агрегаттар орналасқан модульдер – газды қысыммен айдау процесіне арналған;
- Үлкен өндірістік ғимараттар – басқару, автоматтандыру және техникалық қызмет көрсету қызметтері үшін;
- Жер үстіндегі құбыр желісі және технологиялық қондырғылар — газды тазарту, бөлу, өлшеу және айдау үшін.

Бұл нысан магистральды газ құбырлары арқылы табиғи газды оңтүстік аймақтарға (мысалы, Шымкент, Тараз және Алматы облыстары) жеткізуге арналған. Компрессорлық станцияда орнатылған агрегаттар газ қысымын жоғарылатып, оның ұзақ қашықтыққа тасымалдануын қамтамасыз етеді.



1.3 Сурет– Компрессорлық станцияның шартты схемасы

1.3 суретте газтурбиналық компрессорлық қондырғының технологиялық схемасы бейнеленген. Бұл схема ауа қабылдаудан бастап, жану, энергияны өндіру және қалдық жылуды регенерациялау процестерін қамтиды. Мұндағы регенератордың болуы – отын тиімділігін арттырып, жылулық шығынды азайтады. Қуат генерациясы ТВД және ТНД турбиналары арқылы жүзеге асырылады, ал негізгі жүктеме ЦБН компрессорына беріледі.

Бұл – газтурбиналық компрессорлық агрегаттың (ГТКА) технологиялық схемасы, оның ішкі циклдері мен жылу алмасу процесін сипаттайтын функционалды принциптік сұлба.

Жұмыс принципі:

- 1) Ауа ВЗК арқылы сорылып, ОК – осьтік компрессормен сығылады.
- 2) Сығылған ауа жылуалмастырғыш (регенератор) арқылы жылытылып, жанармай камерасына (КС) беріледі.
- 3) Онда жанғыш газ жағылып, ТВД және ТНД турбиналарын айналдырады.
- 4) Турбиналар арқылы алынған энергия ЦБН-ге механикалық жүктеме ретінде беріледі (газ айдауға арналған компрессор).
- 5) Қалдық газ регенератор арқылы өтеді және түтін құбыры арқылы атмосфераға шығарылады.

1.1-Кесте элементтер мен түсіндірмелер

Белгі	Атауы	Түсіндірмесі
ВЗК	Ауа тазалау құрылғысы (воздушный заборный канал)	Атмосфералық ауаны сүзгіден өткізеді
ОК	Осьтік компрессор	Ауаны қысыммен сығады
Регенератор	Жылуалмастырғыш	Газдың қалдық жылуын қайта пайдалану үшін қолданылады
ТВД	Жоғары қысымды турбина	Жанған газ энергиясын механикалық энергияға түрлендіреді
ТНД	Төмен қысымды турбина	Газ ағынының қалған энергиясын пайдаланып жұмыс істейді
КС	Жанармай камерасы (камера сгорания)	Отын мен ауаны жағады
ЦБН	Центробежді нагнетатель (компрессор)	Газды соңғы қысымға дейін жеткізеді
P₁-P₅, t₁-t₅	Қысым және температура көрсеткіштері	Әр кезеңдегі жұмыс параметрлері

1.2 КС-1 «Бозой» компрессорлық станциясының мақсаты мен құрылымы

Компрессорлық станция магистральды газ құбыры бойымен газды әрі қарай тасымалдау үшін оның қысымын көтеруге арналған. Станцияда келесі технологиялық операциялар орындалады:

- газ ағынын қабылдау және бөлу;
- механикалық қоспалардан тазарту және фильтрация;
- газды газтурбиналық компрессорлық агрегаттар арқылы қысу;
- газды салқындату және келесі учаскеге беру.

Станция келесі негізгі құрылымдық элементтерден тұрады:

- компрессорлық цех;
- отындық, іске қосу және импульстік газды дайындау қондырғылары;
- майлау жүйесі;
- автоматтандыру, бақылау және өртке қарсы жүйелер;
- қосалқы электрмен жабдықтау және қауіпсіздік жүйелері.

1.2.1 Компрессорлық цех және оның жабдықтары. Компрессорлық цех – станцияның негізгі технологиялық торабы. Ол бірнеше технологиялық желіден тұрады, олардың әрқайсысы газтурбиналық компрессорлық агрегаттармен жабдықталған. Бұрын бұл цехта қуаты төмен және ПӨК-і аз агрегаттар қолданылған. Titan 130S агрегатын енгізу арқылы станция өнімділігін едәуір арттыру көзделуде.

Цех майлау, салқындату, вибрацияны бақылау, шуды азайту және өрт қауіпсіздігі жүйелерімен жабдықталған.

Бозой компрессорлық цехының құрамына мыналар кіреді: газ айдағыш агрегаттар құбыржолдармен байланыстырылып, бақылау және басқару аспаптарымен жабдықталған; центрифугалық нагнетательдердің сыртқы газ құбыржолдары; көмекші қондырғылар мен жабдықтар (май шаруашылығы, газ тарату пункттері, бақылау және басқару жүйелері және басқалар).

Газ турбины – екі білікті механикалық жетекші агрегат. Оның құрамына мыналар кіреді: осьтік компрессор; жану камерасы (тігінен немесе көлденең орналасқан); бірінші сатылы осьтік реактивті турбина – компрессорды қозғалысқа келтіреді; төмен қысымды осьтік турбина – екінші саты, ол жүктеме тудыратын жабдықты қозғалысқа келтіреді және еркін немесе тәуелсіз ағынмен жұмыс істейді. Турбина компрессор мен турбина роторларын тіреп тұратын төрт негізгі мойынтірекпен жабдықталған. Газ турбиналық қондырғыда (ГТҚ) отынды (газды) жағу нәтижесінде алынған жылу энергиясы механикалық энергияға айналып, газды сығуға арналған бірсатылы центрифугалық нагнетательді қозғалысқа келтіреді [3].

Отын жағуға пайдаланылатын ауа жану камерасына артық мөлшерде беріледі (араластыру коэффициенті 3-тен 9-ға дейін). Камераға түспес бұрын қысылған ауа сүзгіден өтіп, төмен қысымды турбинадан (ТҚТ) шығатын газдардың жылуы арқылы ауа жылытқышта қыздырылады. Жану камерасында отын бастапқы ауамен араласып жанады да, артық ауамен бірге жоғары қысымды (ТҚЖ) және төмен қысымды (ТҚТ) турбиналарға біртіндеп беріледі.

Жану өнімдері (азот тотығы, көміртек тотығы) регенерациядан өтіп, түтін құбыры арқылы атмосфераға шығарылады.

Төмендегі суретте магистральды газ құбыры нысанындағы компрессорлық цехтың ішкі көрінісі бейнеленген. Бұл цех – КС-1 "Бозой" компрессорлық станциясы секілді ірі инфрақұрылымдық объектілерде газды үздіксіз әрі тиімді түрде айдауға арналған газтурбиналық компрессорлық агрегаттарды орналастыру үшін пайдаланылады.

Құрылымдық элементтер:

1) Центробежді компрессорлар (ЦБК):

Газды жоғары қысыммен айдау үшін қолданылады;

Қуаты мен ПӘК-і агрегаттың таңдалған түріне байланысты.

2) Электрқозғалтқыштар немесе турбина жетектері:

Компрессорды айналмалы қозғалыспен қамтамасыз етеді.

3) Газ құбырлары (сары түсті):

Газдың кіріс және шығыс арналарын қамтамасыз етеді;

Әр құбыр арнасы бақылау және қауіпсіздік арматураларымен жабдықталған (қаппақ клапандар, қысымды реттегіштер, т.б.).

4) Автоматтандырылған бақылау-өлшеу аспаптары:

Қысым, температура, дебит, діріл және майлау параметрлерін бақылайды; SCADA немесе Turbomach секілді жүйелермен интеграцияланған.

5) Жабдықтардың виброизоляциясы мен орнату платформалары:

Агрегаттардың сенімді және ұзақмерзімді жұмысын қамтамасыз етеді;

Шу және діріл деңгейін төмендетуге арналған арнайы негіздерде орнатылған.

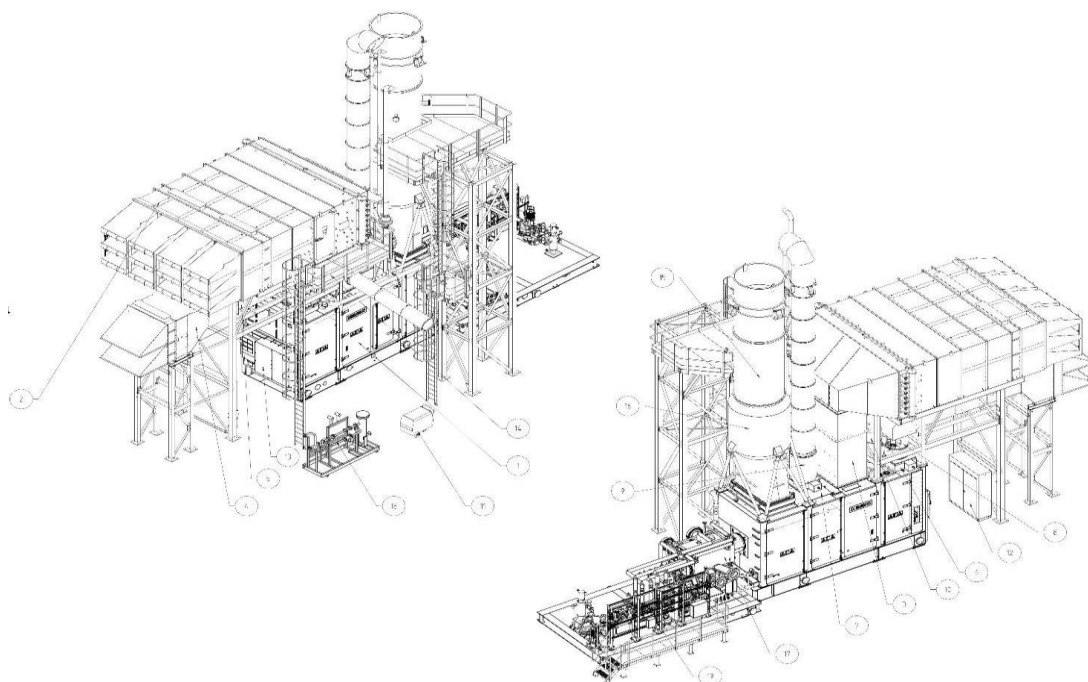


1.4 Сурет – Компрессорлық цехтың ішкі құрылымы

1.4 суретте компрессорлық цехтың ішкі құрылымы көрсетілген. Бұл цехта бір немесе бірнеше газтурбиналық компрессорлық агрегаттар орнатылады. Агрегаттар толық автоматтандырылған бақылау жүйесімен жабдықталған. Газ ағынын күшейту, қысым көтеру және магистраль бойынша тасымалдау процестері осы цехта орындалады. Инженерлік шешімдер жабдықтардың сенімділігі мен үнемділігін арттыруға бағытталған.

Жұмыс процесі:

- Газ станцияға түскеннен кейін фильтрация мен алдын ала қысым реттеуінен өтеді;
- Центробежді компрессорда қысым күшейтіледі;
- Газ шыққан қысым деңгейіне дейін жеткізіліп, құбыр арқылы келесі станцияға бағытталады;
- Барлық процесс автоматтандырылған режимде өтеді, операторлар тек бақылау мен техникалық қызмет көрсетумен айналысады.



1.5 Сурет – «Бозой» КС-ындағы Siemens жабдықтарының орналасу сұлбасы

1.Siemens SGT-400 – турбина, 2.Жануға арналған ауа сорғысының сүзгісі, 3.Жануға арналған ауа сорғысының тұншықтырғышы, 4.Желдеткіш ауаны соруға арналған сүзгі, 5.Желдеткіш ауаны соруға арналған тұншықтырғыш, 7.Желдеткіш ауаны соруға арналған ысырма, 8.Желдеткіш ауаны шығару ысырмасы, 9.Желдетуге арналған ауаны үрлеу желдеткіші, 10.Желдеткіш ауаны шығару тұншықтырғышы, 11.Май тұманының коалесцері, 12.Сумен шаю модулі, 13.Өрт сөндіргіш шкафы, 14.JB72, 15.Платформа мен баспалдақ, 16.Шығару жүйесі, 17.Жану газдарының шығарындыларын тұншықтырғыш, 18.STC-SV компрессоры, 19.Коалесцер сүзгі модулі, 20.Құрғақ тығыздағышты газ жүйелері

1.2.2 Titan 130S газтурбиналық компрессорлық агрегаты – құрылысы мен сипаттамалары. Titan 130S — бұл Solar Turbines Incorporated (АҚШ) компаниясы шығарған заманауи газтурбиналық компрессорлық агрегат (ГТКА), ол газды магистральды құбырлар арқылы тиімді тасымалдауға арналған. Бұл агрегат жоғары қуаттылықпен, отын үнемділігімен және автоматтандырылған басқару жүйесімен ерекшеленеді.

Агрегат құрамына газтурбиналық қозғалтқыш, компрессор, басқару, майлау, салқындату және қорғау жүйелері кіреді. Ол модульдік түрде жиналады және қолданыстағы инфрақұрылымға оңай біріктіріледі.

1.2 Кесте – Құрылымдық элементтердің сипаттамасы

№	Құрылымдық элемент	Сипаттамасы
1	Газтурбиналық қозғалтқыш	SGT-400 типіндегі турбина. Қуаты ~14.9 МВт. Қос білікті құрылым: біріншісі компрессорды, екіншісі компрессорлық бөлікке жүктемені береді.
2	Центробежді компрессор	Газды қысуға арналған. Бір- немесе көпсатылы, жоғары өнімділікпен және тиімділікпен жұмыс істейді.
3	Жанармай беру жүйесі	Табиғи газды немесе дизельді отынды қолдана алады. Жоғары қысымда бүрку технологиясы қолданылады.
4	Салқындату жүйесі	Газды және агрегаттың ішкі элементтерін салқындату үшін арналған, суды немесе ауаны қолдануы мүмкін.
5	Майлау және гидравликалық жүйе	Турбина мен компрессордың айналымалы бөліктерін майлайды және олардың ұзақ жұмысын қамтамасыз етеді.
6	Басқару және автоматтандыру жүйесі (Turbomach)	Қашықтан басқару, ақауларды анықтау және автоматты реттеу функциялары бар.
7	Төмен қысымдағы турбина (LPT)	Газ ағынынан қуат алуға арналған, компрессорлық жүйеге механикалық жүктеме береді.
8	Төмендету және қауіпсіздік клапандары	Қысымның шамадан тыс көтерілуінен жүйені қорғайды.

1.3 Кесте – Техникалық сипаттамалары

Параметр	Мәні
Номиналды қуаты	14.9 МВт
Айналу жиілігі	6100 айн/мин (турбина), 7500 айн/мин (компрессор)
Отын түрі	Табиғи газ / дизель
Отын шығыны	3,5–4,2 кг/кВт*сағ
Қысым коэффициенті	15:1 (турбина үшін)
Пайдалы әрекет коэффициенті (ПӘК)	30–36%
Шығарылатын газ температурасы	450–500 °C
Жұмыс температурасы	-45°C – +50°C дейін
Жұмыс қысымы	5–7 МПа дейін
Автоматтандыру деңгейі	Толық автоматты, SCADA жүйесімен үйлеседі

Артықшылықтары

- Жоғары тиімділік және үлкен қуат;
 - Ықшам дизайн және жылдам орнату;
 - Автоматтандырылған жүйе (Turbomach control) арқылы басқару;
 - Төмен шу деңгейі және экологиялық таза;
 - Көп мақсатты қолдану — газды, ауаны немесе басқа газ қоспаларын тасымалдау;
 - Диагностика және мониторинг мүмкіндігі (онлайн күйінде).
- Қолдану салалары
- Магистральды және тарату газ құбырлары;

- Газ өңдеу зауыттары;
- Мұнай-газ саласындағы компрессорлық станциялар;
- Электр энергиясын өндіру үшін турбогенератор ретінде.

1.2.3 Отындық, іске қосу және импульстік газды дайындау қондырғылары. Titan 130S агрегаты үздіксіз және қауіпсіз жұмыс істеуі үшін үш түрлі газды дайындау қажет:

- Отын газы – турбинаның жану камерасына беріледі;
- Іске қосу газы – агрегатты суық күйде іске қосу үшін қолданылады;
- Импульстік газ – реттеу және бақылау арматурасын басқару үшін пайдаланылады.

Станцияда газды қажетті параметрлерге дейін жеткізу үшін фильтр-сепараторлар, қыздырғыштар және қысымды реттегіштер орнатылған. Барлық процесс автоматтандырылған және басқару панелінен бақыланады.

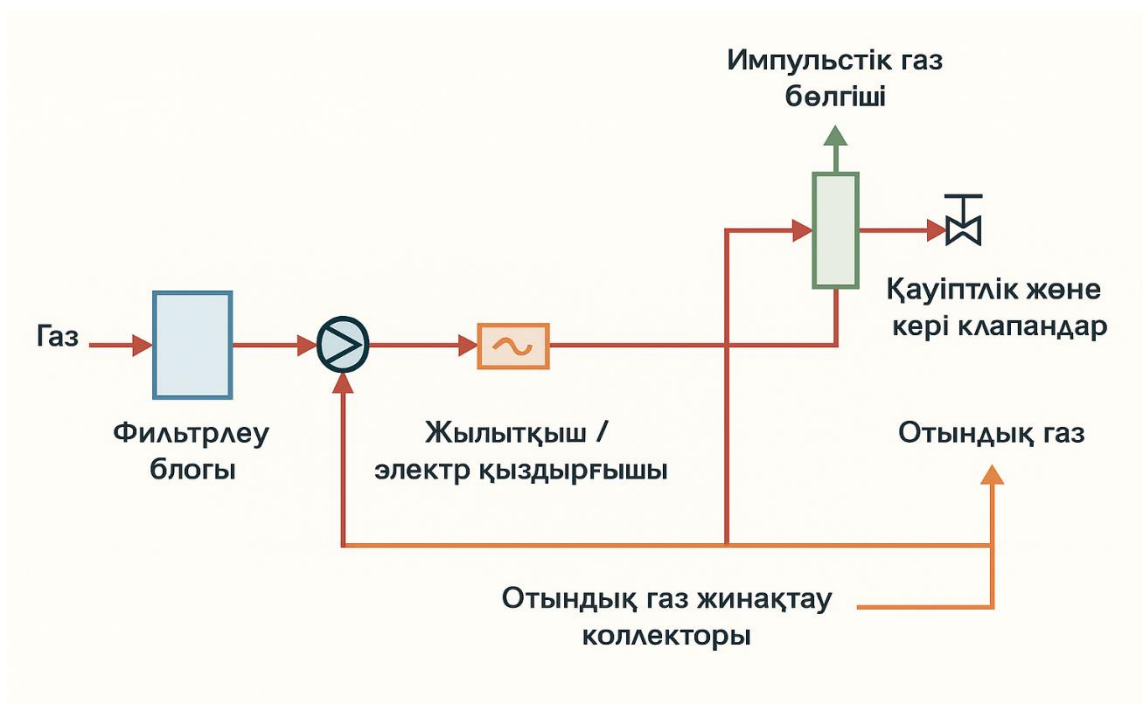
Бұл жүйелердің негізгі мақсаты — газтурбиналық компрессорлық агрегатты (ГТКА) тұрақты және сенімді режимде жұмысқа қосу үшін:

- отындық газды дайындау;
- іске қосу кезінде қажетті қысым мен температураны қамтамасыз ету;
- автоматика мен басқару жүйелеріне импульстік газ беру.

Құрылымдық-технологиялық сызба элементтері

1.4 Кесте – Технологиялық сызба әдетте мынадай бөлімдері

№	Элемент атауы	Функциясы
1	Газ қабылдау блогы	Магистральдан немесе газ қоймасынан газ қабылдайды
2	Фильтрлеу блогы	Қатты қоспалар мен ылғалдан тазарту
3	Редукциялық қондырғы	Газ қысымын қажетті деңгейге дейін төмендету
4	Жылытқыш / электр қыздырғышы	Қыста газды қатып қалудан қорғау
5	Отындық газ жинақтау коллекторы	Газды ГТКА-ға біркелкі беру
6	Импульстік газ бөлгіші	Басқару және қорғау жүйелеріне қажетті газды бөлу
7	Іске қосу газ контуры	Агрегатты іске қосу үшін қысыммен қамтамасыз ету
8	Қауіпсіздік және кері клапандар	Артық қысым мен кері ағыннан қорғайды
9	Автоматты басқару жүйесі (PLC)	Процесті реттеу және бақылау



1.6 Сурет – Құрылымдық сұлба

1) Газ - Жүйеге кіретін табиғи газ магистральдан немесе резервуардан беріледі.

2) Фильтрлеу блогы - Газ ішіндегі механикалық қоспалар мен ылғалдан тазартылады. Бұл блок газтурбиналық агрегаттың қауіпсіз жұмысына ықпал етеді.

3) Редукциялық құрылғы (сызбада белгіленген символ) - Газдың қысымын белгіленген жұмыс деңгейіне дейін төмендетеді, шамадан тыс қысымнан қорғайды.

4) Жылытқыш / электр қыздырғышы - Қыста немесе салқын аймақтарда газдың қатып қалуына жол бермейді. Газды жылыту арқылы агрегаттың тұрақты жұмыс істеуін қамтамасыз етеді.

5) Отындық газ жинақтау коллекторы - Фильтрациядан және қысым/температура реттеуден өткен газ осы коллекторда жинақталып, әрі қарай отын ретінде ГТКА-ға беріледі.

6) Импульстік газ бөлгіші - Газдың бір бөлігі импульстік желіге бөлініп, басқару және өлшеу құралдарын (автоматика, релелік жүйелер) қысыммен қамтамасыз етеді.

7) Қауіпсіздік және кері клапандар - Қысымның шектен тыс артуынан немесе газдың кері ағынынан қорғау үшін қолданылады. Бұл жүйе агрегатты апаттық жағдайдан қорғайды.

Жұмыс логикасы бойынша түсіндірме:

Газ жүйеге енгеннен кейін бірізді түрде:

- Фильтрациядан өтеді;
- Қысымы төмендетіледі;

- Температурасы тұрақтандырылады;
- Және содан кейін екі бағытта бөлінеді:
- Негізгі бөлігі — отындық газ ретінде турбинаға жіберіледі;
- Бір бөлігі — импульстік газ ретінде автоматикаға беріледі.

1.2.4 Компрессорлық агрегаттың майлау жүйесі. Майлау жүйесі — газтурбиналық компрессорлық агрегаттың техникалық қызмет көрсету мен ұзақмерзімді жұмыс істеуінің негізгі бөлігі болып табылады. Бұл жүйе агрегаттың ішкі айналмалы элементтерін (роторлар, турбиналық біліктер, компрессор валы) тұрақты түрде майлап, олардың үйкеліс күшін азайтады, температураны төмендетеді және механикалық тозудың алдын алады.

Жұмыс принципі

- 1) Май резервуарынан алынған май негізгі сорғы арқылы жүйеге беріледі;
- 2) Алдымен май ірі және ұсақ сүзгілерден өтеді — бұл тазалау кезеңі;
- 3) Май жылуалмастырғышта салқындатылады;
- 4) Одан кейін мойынтіректер мен механизмдерге беріледі;
- 5) Датчиктер қысым мен температураны бақылайды, қажет болса — сигнализация жүйесі іске қосылады;

- 6) Артық май қалдық бағына жиналып, айналымға қайта қосылады.

Сенімділік пен қауіпсіздік

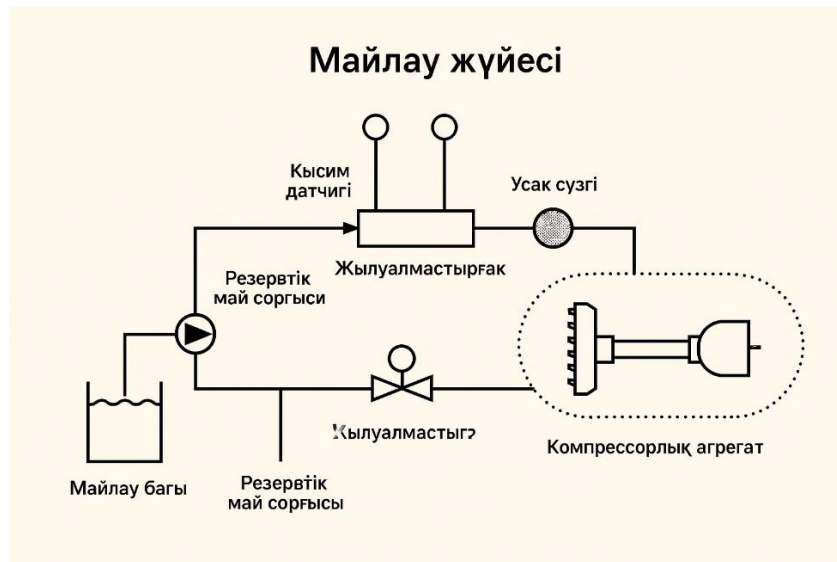
- Майлау жүйесі апаттық жағдайда автоматты қорғаныс режиміне өтеді;
- Резервтік сорғының болуы – үздіксіз жұмыс кепілі;
- Дабыл беру құрылғылары операторды қысым не температура ауытқуы туралы хабардар етеді;
- Барлық компоненттер автоматтандырылған басқару жүйесімен біріктірілген (SCADA немесе PLC арқылы).

1.5 Кесте – Жүйенің құрамы мен элементтері.

№	Элемент атауы	Функциясы
1	Негізгі май сорғысы	Жұмыс барысында агрегаттың мойынтіректеріне үздіксіз май береді.
2	Резервтік май сорғысы	Негізгі сорғы істен шыққанда автоматты түрде іске қосылады.
3	Ірі сүзгілер (грубой очистки)	Май ішіндегі ірі қоспаларды (металл жоңқалары, кір) тазалайды.
4	Ұсақ сүзгілер (жіңішке тазалау)	Микробөлшектер мен ластаушы заттарды жояды.
5	Жылуалмастырғыш (май салқындатқыш)	Жұмыс кезінде қызған майды салқындатады, температураны 50–60°C деңгейінде ұстайды.
6	Қысым және температура датчиктері	Жүйе ішіндегі параметрлерді бақылайды, апатты жағдайда сигнал береді.
7	Май жинақтау бағы (резервуары)	Қолданылған майды жинап, қайта айналымға жібереді.

Сенімділік пен қауіпсіздік

- Майлау жүйесі апаттық жағдайда автоматты қорғаныс режиміне өтеді;
- Резервтік сорғының болуы – үздіксіз жұмыс кепілі;
- Дабыл беру құрылғылары операторды қысым не температура ауытқуы туралы хабардар етеді;
- Барлық компоненттер автоматтандырылған басқару жүйесімен біріктірілген (SCADA немесе PLC арқылы).



1.7 Сурет – Майлау жүйесі

Бұл сызба компрессорлық агрегаттың сенімді жұмысын қамтамасыз ететін толыққанды автоматтандырылған майлау жүйесін көрсетеді. Жүйе — авариялық, резервтік және басқару құрылғыларымен толық жабдықталған.

1) Майлау бағы

– Бұл жүйеде қолданылатын май сақталатын негізгі резервуар. Ол майды агрегат жұмысы барысында үздіксіз жеткізіп отыру үшін қажет.

2) Негізгі май сорғысы

– Майды багтан сорып алып, оны жүйе бойынша айналдыруға жауап береді. Бұл – жүйенің негізгі қозғаушы күші.

3) Резервтік май сорғысы

– Негізгі сорғы істен шыққан жағдайда автоматты түрде іске қосылатын қосалқы сорғы. Жүйенің үздіксіз және сенімді жұмысын қамтамасыз етеді.

4) Жылуалмастырғыш

– Жұмыс барысында қызған майды салқындататын құрылғы. Май температурасының шектен шықпауы үшін қажет. Бұл компрессорлық агрегаттағы мойынтіректердің қызып кетуін болдырмайды.

5) Қысым датчигі

– Жүйедегі май қысымын бақылайды. Қысым белгіленген шектен ауытқыса, дабыл береді немесе жүйе автоматты түрде өшіріледі.

6) Температура датчигі

– Жүйедегі май температурасының шектік мәндерін бақылап отырады. Температураның қалыптан тыс көтерілуі кезінде ақауларды болдырмауға мүмкіндік береді.

7) Ұсақ сүзгі

– Май ішіндегі шаң-тозаң, металл бөлшектері және басқа ұсақ қоспаларды тазалайды. Бұл майдың тазалығын қамтамасыз етіп, компрессордың ішкі элементтерінің тозуын азайтады.

8) Компрессорлық агрегат

– Майлау жүйесінің соңғы нүктесі. Бұл жерде май агрегаттың мойынтіректері мен айналмалы элементтеріне беріледі, оларды майлап, үйкелісті азайтып, салқындатып тұрады.

1.2.5 Гидрат түзілуінің алдын алу және сепарациялау жүйелері. Газ температурасы төмендегенде гидраттардың түзілуін болдырмау үшін арнайы қыздырғыштар мен метанол бүрку жүйелері қолданылады. Сонымен қатар, компрессорға түсер алдында газды ылғал мен қатты бөлшектерден тазарту үшін сепараторлар орнатылған.

Жаңғырту аясында сепарациялау түйіндері жетілдіріліп, тазалау тиімділігі арттырылды. Бұл коррозия қаупін азайтады және агрегаттың жұмыс мерзімін ұзартады.

2 Есептік бөлім

2.1 Магистральды газ құбырына гидравликалық есеп

Titan 130S компрессорлық агрегатын орнатуды негіздеу үшін құбыр желісіндегі газ ағынына гидравликалық есеп жүргізіледі. Есептеулер Дарси-Вейсбах формуласын негізге ала отырып жүргізіледі:

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho v^2}{2} \quad (1)$$

мұндағы, P - қысым жоғалуы (Па),
 λ - үйкеліс кедергі коэффициенті,
 L - құбыр ұзындығы (м),
 D - құбыр диаметрі (м),
 ρ - газ тығыздығы (кг/м³),
 v - газ жылдамдығы (м/с).

КС-1 «Бозой» дейінгі 50 км учаскесінде қысым жоғалуы шамамен 0,55 МПа-ны құрайды. Бұл нәтижелер Titan 130S агрегатын орнату қажеттілігін дәлелдейді.

2.2 Titan 130S компрессорлық агрегатының жұмыс параметрлерін есептеу

Titan 130S агрегаты газ қысымын 4,8 МПа-дан 7,5 МПа-ға дейін көтеруге арналған. Есептеуде:

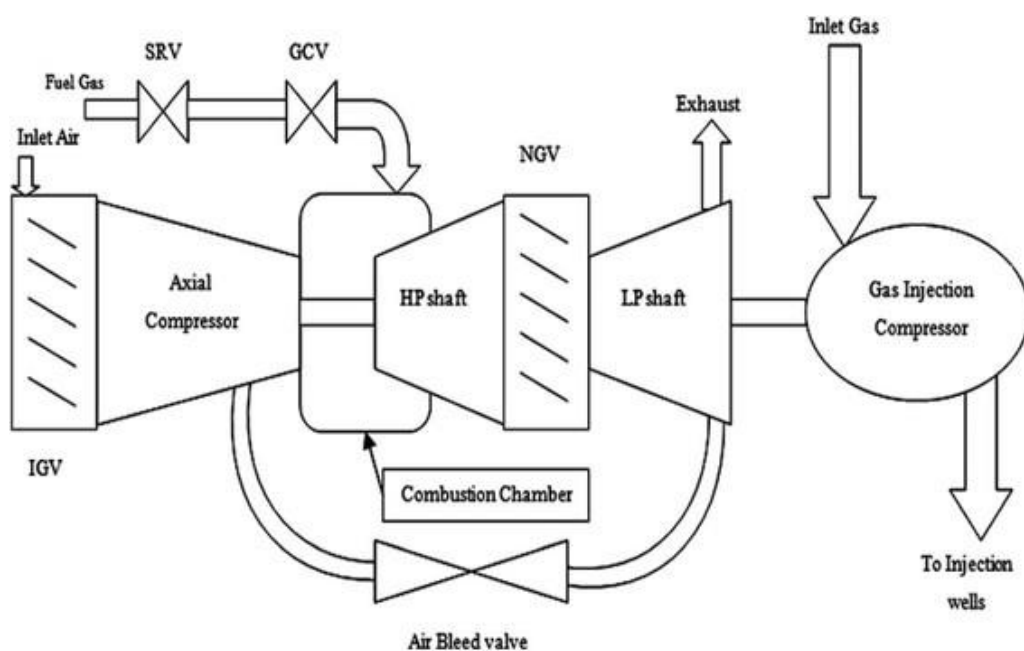
- газдың масса шығыны;
- адиабаталық көрсеткіш;
- кіріс және шығыс температурасы;
- қысу дәрежесі ескеріледі:

$$\pi = \frac{P_{\text{шы}}}{P_{\text{кр}}} \quad (2)$$

Қажетті қуат мына формуламен есептеледі:

$$N = \frac{k}{k-1} \cdot \frac{P_1 V}{\eta} \cdot \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \quad (3)$$

Titan 130S агрегаты қажетті қысу дәрежесін қамтамасыз ете алады.



2.1 Сурет – Газтурбиналық компрессорлық агрегаттың жұмыс сұлбасы

2.1 суретте газтурбиналық компрессорлық агрегаттың жұмыс схемасы көрсетілген. Бұл құрылғы ауа мен отынды сығып, жану арқылы қуат өндіреді, ол газды инъекциялық компрессорға дейін тасымалдауға бағытталады. Қуатты екі сатылы турбиналық жүйе – жоғары және төмен қысымды валдар қамтамасыз етеді. Жүйе SRV, GCV, Air Bleed және басқа да реттегіштермен толық автоматтандырылған режимде жұмыс істейді.

Берілген сұлба – газтурбиналық компрессорлық агрегаттың (мысалы, Titan 130S немесе соған ұқсас) негізгі жұмыс принципін көрсетеді. Бұл агрегат инъекцияға арналған газды қысу және тасымалдау мақсатында қолданылады.

1) Inlet Air – Ауа кірісі

- Агрегат сырттан атмосфералық ауаны қабылдайды. Бұл ауа алдымен IGV (Inlet Guide Vanes) арқылы бағытталады.

2) Axial Compressor – Осьтік компрессор

- Ауа көпсатылы осьтік компрессорда сығылады;

- Компрессорда қысым артқан ауа жанармаймен араластырылып жану камерасына жеткізіледі.

3) SRV және GCV клапандары

- SRV (Speed Ratio Valve) – агрегаттың жылдамдығын реттейді;

- GCV (Gas Control Valve) – жанармайдың көлемін реттейтін клапан.

4) Combustion Chamber – Жану камерасы

- Қысылған ауа мен отын жану камерасында араласып, жану процесі жүреді;

- Нәтижесінде жоғары температуралы және қысымды газдар пайда болады.

- 5) HP Shaft – Жоғары қысымды білік
- Жанған газдың энергиясы жоғары қысымды турбинада (HP) айналмалы қозғалысқа айналады;
 - Бұл қозғалыс осьтік компрессорды айналдыру үшін қолданылады.
- 6) LP Shaft – Төмен қысымды білік
- Газ ағымы ары қарай төмен қысымды турбинадан (LP) өтеді;
 - Бұл турбина газды инжекциялық компрессорға дейін айдау үшін механикалық қуат өндіреді.
- 7) NGV – Nozzle Guide Vanes
- Турбина алдындағы ағынды бағыттайтын бағыттағыш құрылғылар;
 - Газдың ағынын дұрыс бұрышпен турбинаға бағыттайды.
- 8) Exhaust – Шығатын газ
- Қалдық жану өнімдері шығару жүйесі арқылы атмосфераға таралады.
- 9) Gas Injection Compressor – Газды айдау компрессоры
- LP shaft арқылы айналатын компрессор;
 - Inlet Gas – магистральдан алынған газ;
 - To Injection Wells – бұл газ ары қарай ұңғымаларға айдалады (мысалы, газ кен орындарында қабат қысымын сақтау мақсатында).
- 10) Air Bleed Valve – Ауа шығару клапаны
- Компрессор ішіндегі артық қысымды ауа немесе қажетті жағдайда жүйені тазарту үшін қолданылады.
- Қолдану мақсаты
- Бұл сұлба газды жоғары қысыммен қабатқа айдау жүйелерінде (gas lift, EOR – enhanced oil recovery) жиі қолданылады. Ол жоғары тиімділікпен, автоматтандырылған басқару мүмкіндігімен және жоғары қуаттылығымен ерекшеленеді.

2.3 Газ құбырының қабырғасының қалыңдығын есептеу

Газ құбыры қабырғасының қалыңдығын есептеу СНиП 2.05.06-85 «Магистральды құбырөткізгіштер» құжаты бойынша қабылданған әдістеме негізінде жүргізіледі.

Есептік коэффициенттер осы нормативке сәйкес қабылданады. Сортамент бойынша газ құбыры үшін беріктік шегі 530 МПа болатын 13Г2АФ маркалы төмен легирленген нормаланған болаттан жасалған құбырлар таңдалады.

Қабырғаның қалыңдығын келесі формула бойынша анықтаймыз:

$$\delta = \frac{n_p P_H D_H}{2(R_1 + n_P P)}, \quad (4)$$

мұндағы n_p - Ішкі қысымнан болатын жүктемеге қатысты сенімділігі,
 $n_p = 1,1$;
 R_1 - Болаттың есептік кедергісі, МПа

$$R_1 = \frac{R^H \cdot m}{k_1 \cdot k_H} ; \quad (5)$$

мұндағы, R^H - Нормативтік кедергі;

m - Құбырөткізгіштің жұмыс жағдайларының коэффициенті;

$m = 0,9$ - Құбырөткізгіштің учаскелері үшін III және IV категориялары; $m = 0,9$ - Құбырөткізгіштің учаскелері үшін III және IV категориялары;

k_1 - Материалға қатысты сенімділік коэффициенті;

k_H - Құбырөткізгіштің арналуына байланысты сенімділік коэффициенті.

Егер $D \leq 1000$ мм, онда $k_H = 1,05$

$$R_1 = \frac{530 \cdot 0,9}{1,47 \cdot 1,05} = 309 \text{ МПа}$$

Онда қабырға қалыңдығы мынаған тең болады:

$$\delta = \frac{1,1 \cdot 3,7 \cdot 1420}{2(309 + 1,1 \cdot 3,7)} = 9,23 \text{ мм} ;$$

Алынған есептік қабырға қалыңдығының мәнін ең жақын үлкен стандартты мәнге дейін дөңгелектейміз, ол тең болады:

$$\delta_H = 10 \text{ мм} .$$

Температура мен ішкі қысым әсерінен бойлық остік кернеуді анықтаймыз.

$$\sigma_{npN} = \sigma_{npt} + \sigma_{npp} \quad (6)$$

мұнда, σ_{npN} - Жиынтық бойлық остік кернеулер;

σ_{npt} - Температура әсерінен құбыржолда пайда болатын бойлық кернеулер.

E – Болат үшін серпімділік модулі — $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа (немесе 210 ГПа).

$E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа Δt - Жерасты құбыржолдары үшін есептік температуралық айырма $\Delta t = 40^\circ\text{C}$ деп қабылданады (СНиП 2.05.06-85 бойынша, климаттық аймаққа байланысты нақты мән өзгеруі мүмкін).

$$\sigma_{npt} = -\alpha_t \cdot E \cdot \Delta t \quad (7)$$

$$\Delta t = 40^\circ$$

$$\sigma_{npt} = -1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 40 = -100,8 \text{ МПа}$$

σ_{npp} - Ішкі қысым әсерінен құбыржолда пайда болатын бойлық кернеулер.

$$\sigma_{npp} = n_p \cdot 0,3 \cdot \frac{P \cdot D_{BH}}{\delta} ; \quad (8)$$

$$\sigma_{npp} = \frac{1,1 \cdot 0,3 \cdot 3,7 \cdot 1,42}{0,01} = 173,38 \text{ МПа};$$

Жиынтық бойлық кернеулер келесіге тең болады:

$$\sigma_{npN} = -100,8 + 173,38 = 72,58 \text{ МПа.}$$

- 1) Суммарлық бойлық кернеу созылмалы болып табылатындықтан ($\sigma_{npN} > 0$) шамасы келесі формула бойынша түзетіледі:

$$\delta = \frac{n_p \cdot P \cdot D_H}{2 \cdot (\psi_1 \cdot R + n_p \cdot P)} , \quad (9)$$

мұндағы, ψ_1 - Екі остік кернеулі күйді ескеретін коэффициент. Ол құбырда бір мезгілде бойлық және кольцалық кернеулер болған жағдайда қолданылады және СНиП 2.05.06-85 бойынша әдетте $\psi = 0,8$ деп алынады.

Құбыр металында қысқыш бойлық кернеулер кезінде рұқсат етілетін кернеу келесі формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} \psi_1 &= \sqrt{1 - 0,75 \left(\frac{|\sigma_{npN}|}{R_1} \right)^2} - 0,5 \frac{|\sigma_{npN}|}{R_1} ; \\ \psi_1 &= \sqrt{1 - 0,75 \left(\frac{|72,58|}{309} \right)^2} - 0,5 \frac{|72,58|}{309} = 0,86 ; \end{aligned} \quad (10)$$

$$\text{Тогда } \delta = \frac{1,1 \cdot 3,7 \cdot 1,42}{2(0,86 \cdot 309 + 1,1 \cdot 5,5)} = 10 \text{ мм};$$

2.4 Компрессорлық станцияның жұмыс режимін есептеу

Компрессорлық станцияның жұмыс режимін есептейміз. Есептеу үшін бастапқы деректер:

$Q=65 \text{ млн.м}^3/\text{тәулік}$ – газ берілісі

$P=5,6 \text{ МПа}$ сығымдағыштағы абсолюттік қысым;

$T=300 \text{ К}$ - температура;

$\Delta=0,67$ – Газдың салыстырмалы тығыздығы;

$n=4600 \text{ об/мин}$ – Нагнетатель роторының нақты айналу жиілігі

Газ тұрақтысын анықтаймыз:

$$R = \frac{R_g}{\Delta} \quad (11)$$

мұндағы, R_g - Ауаның газ тұрақтысы; $R_g=286,8 \text{ Дж/ кг*К}$

$$R = \frac{R_g}{\Delta} = \frac{286,8}{0,67} = 428 \text{ Дж/ кг*К}$$

Қысым бойынша сығылу коэффициентін анықтауға $P_n=3,7 \text{ МПа}$, температурадағы $T_{вх}=300 \text{ К}$ және салыстырмалы тығыздығына қарай $\Delta=0,67$ номограмма бойынша анықтаймыз $Z_{np}=0,91$.

Газдың тығыздығын стандартты жағдайларда және нагнетательге кіру жағдайларында анықтаймыз:

$$\rho_{ст} = \Delta \cdot \rho_g, \quad (12)$$

мұндағы ρ_g - Ауаның тығыздығы

$$\rho_{ст} = 0,67 \cdot 1,206 = 0,80 \text{ кг/м}^3$$

Бір нагнетательдің өнімділігі (өнім беруі):
Бір нагнетательдің өнімділігі – бұл бірлік уақыт ішінде нагнетатель арқылы өтетін газ көлемі немесе массасы.:

$$Q = \frac{Q_{КС}}{2}, \quad (13)$$

$$Q = \frac{65 \cdot 10^6}{2} = 32,5 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Бір нагнетательдің сору жағдайындағы көлемдік өнімділігі:

$$Q = \frac{Q \cdot \rho_{cm}}{24 \cdot 60 \cdot \rho_a}, \quad (14)$$

$$Q = \frac{0,72 \cdot 32,5 \cdot 10^6}{24 \cdot 60 \cdot 31,2} = 562 \text{ м}^3/\text{м}$$

Нагнетательдің келтірілген көлемдік өнімділігін анықтаймыз:

$$Q_{np} = Q \cdot \frac{n_n}{n}, \quad (15)$$

$$Q_{np} = 562 \cdot \frac{4800}{4600} = 586 \text{ м}^3/\text{мин}$$

мұндағы, $Z_{пр}$, $T_{пр}$ - ГПА-10-4 нагнетательінің келтірілген сипаттамалары алынған кездегі газдың сығылғыштығы, газ тұрақтысы және температурасы сәйкесінше. Номограмма бойынша анықтаймыз.

$$Z_{пр}=0,9; T_{пр}=288\text{K}; R=490\text{Дж/кг}\cdot\text{K}$$

Сығу дәрежесінің көмегімен анықтаймыз $P=337\text{кВт кг.}$

$$N_i = 337 \cdot 190 \cdot (2,3)^3 = 5790 \text{ кВт}$$

Тұтынылатын қуат номиналдан төмен (10000 кВт). Нагнетатель жетек білігінің қуаты:

$$N = N_i + 100 = 5790 + 100 = 5890 \text{ кВт}$$

мұндағы, 100- Қуат (кВт), Газтурбиналық приводта (ГТП) механикалық шығындарды өтеуге жұмсалатын қуат. Сығымдағыштан шығу кезіндегі қысым:

$$P_{вых} = \epsilon \cdot P_{вх}, \quad (16)$$

$$P_{\text{вых}} = 1,28 * 5,6 = 7,2 \text{ МПа}$$

Сығымдағыштан шығатын газ үшін рұқсат етілетін ең жоғары қысым КС $P_{\text{вых}} = 7,2 \text{ МПа}$.

Осылайша, қысым бойынша газ құбыры іс жүзінде толық жүктелген, сондықтан магнетатель толық қуатта жұмыс істемесе де, айналу жиілігін әрі қарай арттыру орынды емес.

Магнетательдің келтірілген көлемдік өнімділігін анықтаймыз:

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{с}} \frac{n_{\text{в}}}{n_{\text{с}}} \quad (17)$$

$$Q_{\text{в}} = 562 \frac{4800}{4600} = 586 \text{ м}^3 / \text{мин}$$

3 Жобаның техникалық-экономикалық негіздемесі

3.1 Жаңғыртудың жалпы алғышарттары мен мақсаттары

Қазақстанның оңтүстік өңірлеріндегі урбанизация мен өнеркәсіптік өндірістің артуы табиғи газға деген сұранысты едәуір арттырды. Осыған байланысты «Бейнеу-Бозой-Шымкент» магистральды газ құбыры стратегиялық маңызы жоғары инфрақұрылым ретінде қарастырылады.

Алайда:

- КС-1 «Бозой» компрессорлық станциясында қолданыстағы агрегаттардың қуаты шектеулі;

- Жиі жөндеуді қажет етеді;

- Газ тасымалдаудың жобалық өткізу қабілеті төмендеп отыр.

Осы проблемаларды шешу үшін Titan 130S газтурбиналық агрегатын орнату ұсынылады, бұл:

- Газ тасымалдау көлемін жылына 9–10 млрд м³ дейін арттыруға;

- Жанармай шығынын 20% төмендетуге;

- Пайдалану шығындарын 15–18% қысқартуға;

- Сенімділік пен жөндеу аралығын арттыруға мүмкіндік береді.

3.2 Станцияның өнімділігін арттыруды талдау

3.1-Кесте – Titan 130S орнатқаннан кейінгі параметрлері

Параметр	Қолданыстағы агрегат	Titan 130S орнатудан кейін
Газ айдау көлемі	~8,2 млрд м ³ /жыл	~9,5 млрд м ³ /жыл
Жөндеу аралығы	6 ай	12 ай
Шығыс қысымы	6,2 МПа	7,1 МПа
Орташа ПЭК	28%	36%
Қуаты	12,5 МВт	14,9 МВт

Titan 130S агрегаты осілік компрессормен, екі сатылы турбинамен және автоматтандырылған басқару жүйесімен (SCADA) жабдықталған, бұл техникалық қызметті жеңілдетеді.

3.3 Капиталдық салымдар мен пайдалану шығындарын бағалау

3.2 – Кесте - Капиталдық шығындар

Шығын түрі	Бағасы (млн АҚШ долл.)
Titan 130S агрегатын сатып алу	4,2
Жеткізу және кедендік рәсімдер	0,4
Құрылыс-монтаж жұмыстары	1,1
Іске қосу-баптау және автоматтандыру	0,8
Барлығы	6,5

3.3-Кесте - Пайдалану үнемі (жылына)

Шығын түрі	Бұрын	Titan 130S
Отын	\$1,8 млн	\$1,2 млн
Қызмет көрсету	\$700 мың	\$400 мың
Жалпы үнем (жылына)	—	\$900 мың

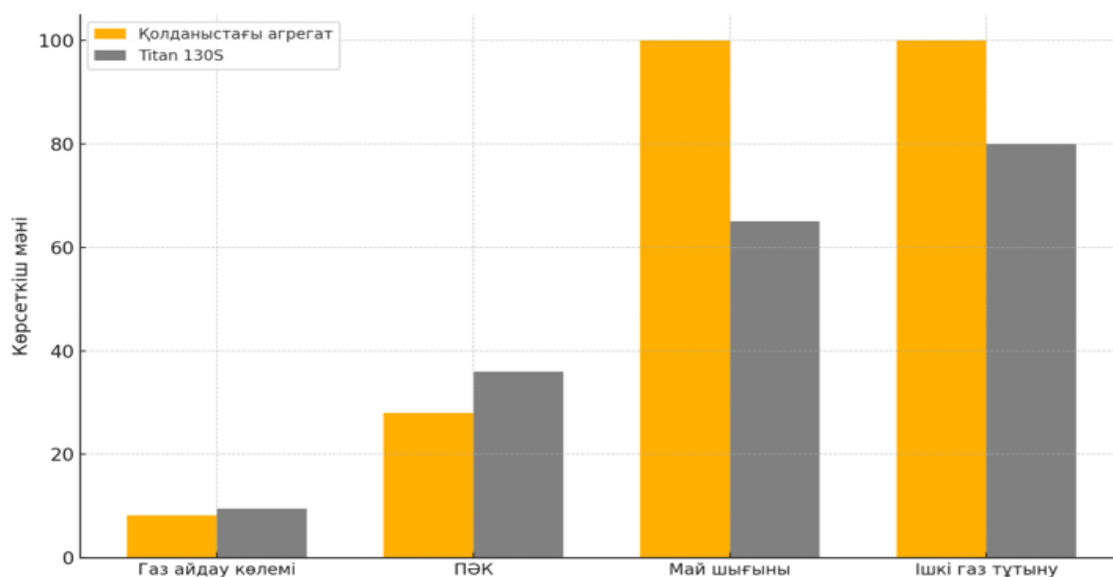
Жобаның өзін-өзі ақтау мерзімі – 7–8 жыл.

3.4 Май мен газ шығыны бойынша рентабельділікті бағалау

3.4-Кесте – Салыстырмалы көрсеткіштер.

Көрсеткіш	Бұрын	Titan 130S
Май шығыны	100%	65%
Ішкі газ тұтыну	100%	80%
Жұмыс тиімділігі (жалпы ПӘК)	28%	36%
Орташа энергия тұтыну/м ³ газ	0.35 кВт·сағ	0.28 кВт·сағ

Бұл көрсеткіштер Titan 130S агрегатының жоғары энергетикалық тиімділігін және операциялық шығындарды азайтатынын дәлелдейді.

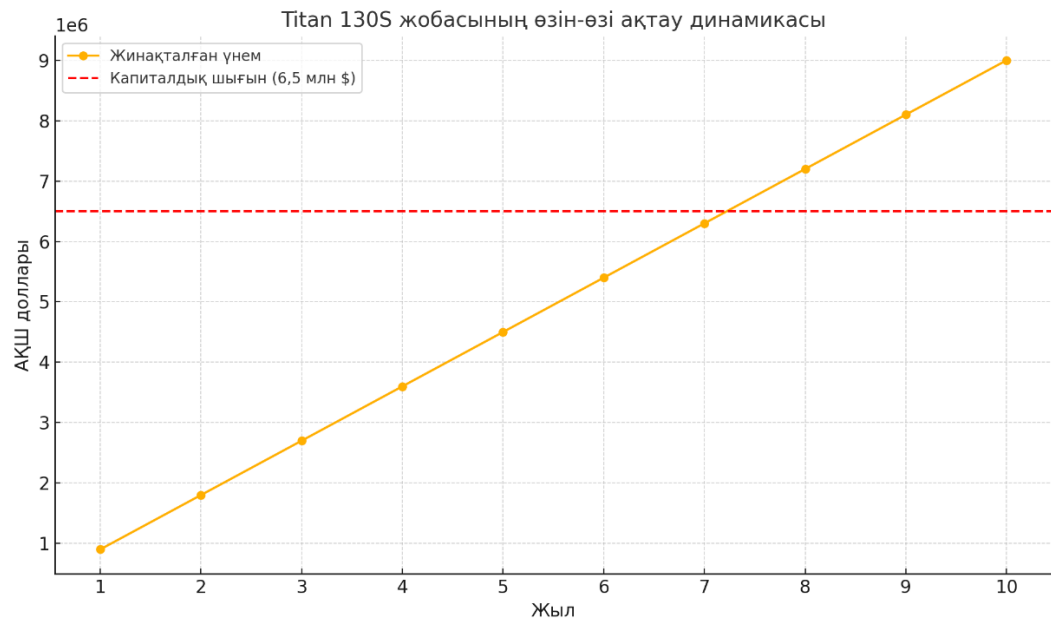


3.1-Сурет – Titan 130S енгізу нәтижелері

Жоғарыдағы диаграммада Titan 130S агрегатын енгізу нәтижесінде негізгі техникалық-экономикалық көрсеткіштердегі жақсарулар бейнеленген:

- Газ айдау көлемі 8.2 → 9.5 млрд м³/жыл;
- ПӘК (пайдалы әрекет коэффициенті) 28% → 36%;

- Май шығыны 100% → 65%;
- Ішкі газ тұтыну 100% → 80%.



3.2 Сурет – Титан 130S жобасының өзін-өзі ақтау динамикасы

Бұл графикте Титан 130S жобасының өзін-өзі ақтау динамикасы көрсетілген:

- Сары сызық – жыл сайынғы жинақталған үнем (\$900,000/жыл).
- Қызыл сызық – бастапқы капиталдық шығын (6,5 млн доллар).
- Кесіп өту нүктесі ~7 жылдан кейін жобаның толық ақталуын білдіреді.

4 Еңбекті қорғау және қауіпсіздік техникасы

4.1 Өндірістік қауіпті және зиянды факторларды талдау

Жобаланатын компрессорлық станция — жоғары қауіпті нысан болып саналады, себебі ол жоғары қысымдағы жанғыш табиғи газбен жұмыс істейді. Пайдалану және техникалық қызмет көрсету кезінде келесі зиянды және қауіпті өндірістік факторлар туындауы мүмкін:

- газдың жоғары температурасы мен қысымы;
- газтурбиналық агрегаттың қатты дыбысы (95 дБ дейін);
- компрессорлық жабдықтардан діріл әсері;
- газдың ағып кетуінен туындайтын өрт немесе жарылыс қаупі;
- электр тогымен зақымдану қаупі;
- жану өнімдерінің зиянды шығарындылары.

Персоналды қорғау үшін жеке қорғаныс құралдары (ЖҚК), дыбыс пен дірілден оқшаулау, газға арналған бақылау жүйелері және автоматты өшіру жүйелері қарастырылған.

4.2 Қауіпсіздік техникасын қамтамасыз ету шаралары

Titan 130S агрегаты мен компрессорлық станция жабдықтарын қауіпсіз пайдалану үшін келесі шаралар қарастырылған:

- персоналды оқыту және аттестаттау;
- еңбекті қорғау бойынша нұсқамалар өткізу;
- жұмыс орындарын газанализаторлармен және өрт дабылдарымен жабдықтау;
- апаттық жағдайларда агрегатты автоматты түрде өшіру жүйелерін орнату;
- ғимараттар мен оқшаулағыш материалдарға өртке қарсы өңдеу жүргізу;
- өрт және жарылыс қауіпсіздігі нормаларын сақтау.

Әрбір жұмыс орнында эвакуация сызбасы, байланыс құралдары мен өрт сөндіру құралдары болуы қажет. Жұмысшылар арнайы киім, дулыға, қорғаныш көзілдірік, құлаққап және диэлектрлік қолғаптарды қолдануы міндетті.

5 Қоршаған ортаны қорғау

5.1 Қоршаған ортаға әсер ететін көздер

Компрессорлық станция құрылысы мен пайдалануы барысында қоршаған ортаға белгілі бір әсер етеді. Негізгі әсер ету көздері мыналар:

- газтурбиналық агрегат жұмысынан бөлінетін жану өнімдері (CO_2 , NO_x);
- жабдықтың жұмысынан шығатын шу;
- газдың ағып кетуінен туындайтын ауа ластануы қаупі;
- майлау материалдарын қолдану және топырақтың ластану ықтималдығы;
- агрегатты салқындату кезіндегі жылулық ластану;
- құрылыс қалдықтары мен уақытша ландшафтық бұзылулар.

5.2 Қоршаған ортаға әсерді азайту шаралары

Жобада келесі табиғатты қорғау шаралары қарастырылған:

Titan 130S агрегатының төмен эмиссиялы үлгісін пайдалану (ЕРА және ЕО стандарттарына сәйкес);

- пайдаланылған газдарды тазарту және шуды азайту жүйелерін орнату;
- құбырлар мен тораптардың герметикалығын тұрақты бақылау;
- қолданылған майларды қайта өңдеу және утилизациялау;
- ластану қаупі жоғары учаскелерді окшаулау;
- құрылыс жұмыстары аяқталғаннан кейін жерді қалпына келтіру (рекультивация).

Жоба Қазақстан Республикасының экологиялық талаптарына сәйкес келеді және пайдалану кезінде экологиялық мониторинг жүргізу жоспарын қамтиды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Осы дипломдық жобада КС-1 «Бозой» компрессорлық станциясын жаңғырту және оның негізінде *Solar Turbines Incorporated* компаниясының Titan 130S газтурбиналық компрессорлық агрегатын орнату мәселелері жан-жақты қарастырылды.

Жобаны іске асыру нәтижесінде келесі нәтижелерге қол жеткізіледі:

- газ тасымалдау көлемінің жылына 10–15%-ға дейін ұлғаюы;
- станция жұмысының сенімділігі мен үнемділігінің артуы;
- отын шығыны мен техникалық қызмет көрсету шығындарының төмендеуі;
- қоршаған ортаға теріс әсердің азаюы.

Техникалық, экономикалық және экологиялық талдау Titan 130S агрегатын енгізу жобасының тиімді және өзекті екенін көрсетті. Жоба Қазақстан Республикасының техникалық қауіпсіздік пен экологиялық талаптарына толық сәйкес келеді және отандық газ тасымалдау инфрақұрылымын жаңғыртуға бағытталған маңызды қадам болып табылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 Solar Turbines Incorporated. Technical Specifications – Titan 130S Gas Turbine System.
- 2 ГОСТ 5542-87 «Газ природный. Технические условия».
- 3 СНиП 2.05.06-85 «Магистральные трубопроводы».
- 4 Нормативно-техническая документация АО «КазТрансГаз».
- 5 Охрана труда на газовых объектах. Методические рекомендации. – Астана: 2020.
- 6 Қазақстан Республикасының Экологиялық кодексі, 2021 ж.
- 7 М.И. Смирнов. Газотурбинные установки. – М.: Энергоатомиздат, 2018.
- 8 Техническое руководство по эксплуатации Titan 130S. Solar Turbines Inc., 2022.
- 9 Е.М. Дубовик. Проектирование компрессорных станций. – Алматы: Энергия, 2019.
- 10 «Прикаспийская коммуна», №103(18664), стр.1,8-9- Атырау, 06.09.2007г
- 11 СНиП II - 4 - 79. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования.-М.: Стройиздат, 1980.- 48 с.
- 12 Белоглазова Т.Н., Романова Т.Н. ЗАЩИТА АТМОСФЕРЫ ОТ ВЫБРОСОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 12. – С. 111-116.
- 13 Берхман Е.И. Экономика систем газоснабжения. Л.: Недра, 1976. - 272с.
- 14 Гиматулинов Ш.К. Справочная книга по добыче нефти. – М.: Книга по Требованию, 2012.- 35с.
- 15 Белицкий, В. Д. Проектирование и эксплуатация магистральных газопроводов: методическое пособие / В. Д. Белицкий, Ломов С. М. – Омск : ОмГТУ, 2011. – 65 с
- 16 Правила технической эксплуатации магистральных газопроводов СТ АО 970740000392-108-2017, АО «Интергаз Центральная Азия» Газоперекачивающий агрегат ГПА-10-01 029108000-01 ТО, 2006г.
- 17 Технический паспорт КС «Бейнеу», АО «Интергаз Центральная Азия» 2008г. А.М. Шаммазов, В.Н. Александров, А.И. Гольянов, Г.Е. Коробков, Б.Н. Мастобаев Проектирование и эксплуатация насосных и компрессорных станций: Учебник для вузов. – М: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. -168с.
- 18 Нечваль А.М. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов: Учебное пособие. – Уфа: ООО «Дизайнполиграфсервис», 2001.-165с.

А Қосымшасы

Titan 130S агрегатының құрылымдық сызбасы

Газтурбиналық компрессорлық агрегаттың (ГТКА) ішкі құрылымы

Жоғарыда берілген сурет – газтурбиналық компрессорлық агрегаттың (мысалы, Titan 130S) ішкі құрылымын көрсететін техникалық визуализация. Бұл кескін агрегаттың негізгі функционалдық бөліктерінің өзара орналасуын және жұмыс процестерінің логикасын анық көрсетуге мүмкіндік береді.

1) Газтурбиналық қозғалтқыш (алдыңғы бөлік)

Бұл бөлікте:

- Осілік компрессор (көпсатылы) – атмосфералық ауаны сығып, оны жану камерасына жеткізеді.

- Жану камерасы – қысылған ауа отынмен араласып, жану процесі жүреді.

- Турбиналар – жанған газдар ағыны арқылы айналмалы қозғалысқа келтіріледі, бұл қозғалыс компрессорды және компрессорлық бөлікке жалғанған валды айналдырады.

2) Компрессорлық блок (артқы бөлік)

- Мұнда газды сору және қысу үшін центробежді компрессор немесе ортадан тепкіш компрессор орналасқан.

- Компрессор тікелей турбинаның еркін валына жалғанған және жоғары қысымды газ ағынын қамтамасыз етеді.

3) Ауа қабылдау және шығару жүйесі

- Ауа қабылдау камерасы (суреттің жоғарғы жағында): атмосфералық ауаны сүзгіден өткізіп, компрессорға жеткізеді.

- Газ шығару арнасы (артқы жағында): жанған газдарды сыртқа шығарады, қажет болса – олар рекуперациялық жүйеге бағытталады.

4) Қосымша жүйелер

Кескінде сондай-ақ келесі ішкі жүйелер көрініс тапқан:

- Майлау жүйесінің арналар желісі

- Отын беру құбырлары

- Басқару және сенсорлық жүйелерге арналған электр және пневматикалық трассалар

Бұл сурет А Қосымша немесе техникалық бөлімнің иллюстрациялық материалдары ретінде қолданылады.

“Төменде суретте Titan 130S газтурбиналық агрегатының ішкі құрылымы көрсетілген. Сурет агрегаттың компрессиялық және турбиналық блоктарының, ауа беру және газ шығару арналарының орналасуын нақты бейнелейді.”

