

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және Машина жасау институты

Технологиялық машиналар және көлік кафедрасы

Самархан Дастан Ералханұлы

Тақырыбы: Өнімділігі 500 м³/мин және қысымы 6 МПа ГПЗ үшін газ
компрессорының конструкцияларын әзірлеу

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

6В07107 – «Эксплуатациялық сервистік инженерия»

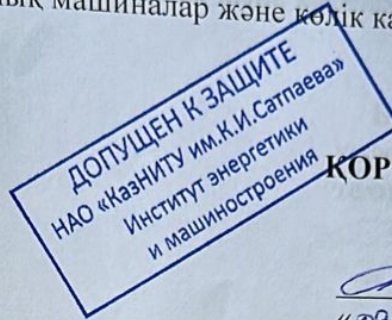
Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және Машинажасау институты

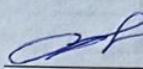
Технологиялық машиналар және көлік кафедрасы



КОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

техн.ғыл.канд.,

 С.А. Бортебаев

«09» 06 2023ж.

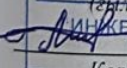
Дипломдық жоба


Тақырыбы: «Өнімділігі 500 м³/мин және қысымы 6 МПа ГПЗ үшін газ компрессорының конструкцияларын әзірлеу»

6B07107 – «Эксплуатациялық сервистік инженерия»

Орындаған:

Самархан Д.Е.

Пікір беруші
техн.ғыл.канд., профессор
 Сафарғалиев А.Е.
Қолы Аты-жөні

Ғылыми жетекші
техн.ғыл.канд., профессор
 Мырзахметов Б.А.
Қолы Аты-жөні

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

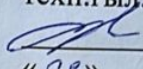
Энергетика және Машинажасау институты

Технологиялық машиналар және көлік кафедрасы

БЕКІТЕМІН

кафедра меңгерушісі

техн.ғыл.канд.,

 С.А.Бортебаев

«28» 11 2022 ж.

Дипломдық жоба орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы Самархан Дастан Ералханұлы

Тақырыбы Өнімділігі 500 м³/мин және қысымы 6 МПа ГПЗ үшін газ компрессорының конструкцияларын әзірлеу

Университет Ректорының 2022 жылғы "23" қараша № 404-П/Ө бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі «15» маусым 2023 ж.

Дипломдық жобаның бастапқы берілістері: Газ өңдеу зауыттарындағы өнімділігі 500 м³/мин және қысымы 6 МПа болатын ортадан тепкіш компрессор

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Техникалық бөлімі: ГӨЗ-дегі компрессорлар түрлеріне талдау жасау; негізгі жабдықтарына түсініктеме беру.

б) Есептеу бөлімі: Компрессордың негізгі элементтерінің параметрлері есептелінді.

в) Арнайы бөлім: Компрессордың әзірленген тығыздағыш элементін жетілдіру, пайдалану тиімділіктерін салыстыру.

г) Еңбек қорғау бөлімі: Қауіпсіздік шаралары және еңбек қорғау мәселелерін қарастыру;

Сызба материалдар тізімі (6 парақ сызбалар көрсетілген)

1. Компрессордың жалпы көрінісі; 2. Жинақ сызбасы; 3. Бөлшек сызбасы; 4. Техникалық ұсыныс. 5. Бөлшек сызбасы; 6. Бөлшек сызбасы.

Ұсынылатын негізгі әдебиет 16 атау

Дипломдық жобаны даярлау

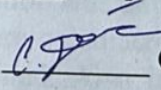
КЕСТЕСІ

| Бөлім атаулары, қарастырылатын мәселелер тізімі | Ғылыми жетекшіге, кеңесшілерге көрсету мерзімдері | Ескерту |
|---|---|---------|
| 1. Техникалық бөлім | 15.03.2023 | |
| 2. Арнайы бөлім | 29.04.2023 | |
| 3. Есептік бөлім | 10.05.2023 | |

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған
қолтаңбалары

| Бөлімдер атауы | Ғылыми жетекші, кеңесшілер (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы) | Қолтаңба қойылған күні | Қолы |
|------------------|---|------------------------|------|
| Техникалық бөлім | Мырзахметов Б.А. техн.ғыл.канд., профессор | 10.04.23 | |
| Арнайы бөлім | Мырзахметов Б.А. техн.ғыл.канд., профессор | 29.04.23 | |
| Есептік бөлім | Мырзахметов Б.А. техн.ғыл.канд., профессор | 10.05.23 | |
| Қалып бақылаушы | Сарыбаев Е.Е. Аға оқытушы | 02.06.23 | |

Ғылыми жетекшісі  Мырзахметов Б.А.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Самархан Д.Е.

Күні « 09 » 06 2022 ж.

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жобада газ өңдеу зауыттарында қолданылатын ортадан тепкіш компрессорлардың түрлері, олардың жабдықталуы қарастырылған. Жобада қойылған мақсат барысында өндірісте қолданып жүрген белгілі компрессордың конструкциясын әзірленді.

Есептеу бөлімінде ортадан тепкіш компрессордың негізгі параметрлері есептелінді және техникалық күйі анықталды. Сонымен қатар арнайы бөлімде ортадан тепкіш компрессорға қызмет көрсету, жөндеу және оларды пайдалану ерекшеліктері бойынша нұсқаулықтар келтірілді. Компрессорды қорғау жүйесі және диагностикалау әдістері де қарастырылды.

Берілген дипломдық жоба 5 парақ графикалық сызбадан, 45 парақ түсіндірме жазбасынан тұрады. Жобамен орындау барысында 16 әдебиет деректері пайдаланылды

АННОТАЦИЯ

Данный дипломный проект предусматривает виды центробежных компрессоров, применяемых на газоперерабатывающих заводах и их оснащение. В ходе поставленной в проекте цели была разработана конструкция известного компрессора, применяемого на производстве.

В расчетной части были рассчитаны основные параметры и определены технические характеристики центробежного компрессора. Также в специальном разделе приведены инструкции по обслуживанию, ремонту центробежных компрессоров и особенности их эксплуатации. Также были рассмотрены система защиты компрессора и методы диагностики.

Данный дипломный проект состоит из 5 листов графического рисунка, 45 листов пояснительной записки. В ходе выполнения проекта было использовано 16 литературных источников.

ANNOTATION

This diploma project provides for the types of centrifugal compressors used at gas processing plants and their equipment. In the course of the goal set in the project, the design of a well-known compressor used in production was developed.

In the calculation part, the main parameters were calculated and the technical condition of the centrifugal compressor was determined. Also in a special section there are instructions for maintenance, repair of centrifugal compressors and features of their operation. The compressor protection system and diagnostic methods were also considered.

This graduation project consists of 5 sheets of a graphic drawing, 45 sheets of an explanatory note. During the implementation of the project, 16 literary sources were used.

МАЗМҰНЫ

| | | |
|-----|--|----|
| | Кіріспе | 7 |
| 1 | Техникалық бөлім | 8 |
| 1.1 | Газ өңдеу зауыттарындағы негізгі технологиялық операциялар | 8 |
| 1.2 | Газ өңдеу зауытының компрессорлары | 11 |
| 1.3 | Ортадан тепкіш компрессордың конструкциясы | 12 |
| 1.4 | Прототип таңдау, негізгі конструктивтік ерекшеліктер, оның элементтері | 14 |
| 2 | Есептеу бөлімі | 19 |
| 2.1 | Компрессор схемасы және сатының таңдалуы | 19 |
| 2.2 | Жобаланатын компрессордың негізгі параметрлерін есептеу | 19 |
| 2.3 | Газ айдағыш агрегатының техникалық параметрлерін анықтау | 25 |
| 2.4 | Айдағыштың келтірілген сипаттамасы бойынша ГАА қуатын анықтау | 28 |
| 2.5 | Жұмыстық дөңгелекті есептеу | 31 |
| 3 | Эксплуатациялау бөлімі | 35 |
| 3.1 | Мойынтіректерінің дұрыс жұмыс істемеуінің негізгі себептері | 36 |
| 3.2 | Компрессорды қорғау жүйесі және диагностикалау әдістері | 37 |
| 3.3 | Компрессорларды орналастыру және қондыру | 38 |
| 4 | Еңбекті қорғау және тіршілік қауіпсіздігі | 40 |
| 4.1 | Еңбекті қорғау заңдары | 40 |
| 4.2 | Өндірістік қауіпті және зиянды факторларды талдау | 40 |
| 4.3 | Техника қауіпсіздігінің негіздері | 41 |
| | Қорытынды | 44 |
| | Пайдаланылған әдебиеттер тізімі | 45 |

КІРІСПЕ

Қазіргі таңда мұнай және газды өндіру деңгейі Қазақстанның ішкі минималды қажеттіліктерін қанағаттандырып отыр. Сонымен қоса, Қазақстанның ішкі саудасынан географиясы жекелеп айтқанда мұнай өнімдерін қолданатын негізгі аумақтардың болмауы экономиканы мұнай ресурстарымен қамтамасыз етуде бірқатар қиындықтар туғызады. Алайда, сыртқы саудаға шығу мақсатында Қазақстан өндіру жұмыстарының көлемін ұлғайтуға және батыстан инвестициялар тартуға көп күш жұмсауда. Мұнай өндірушідегі сияқты мұнай өңдеуші салада да істер қиындап тұр.

Мұнай өндіруді және мұнайды пайдалану мөлшерін ұлғайтудағы мәселелерді шешу мақсатындағы күрделі мәселе - мұнай мен газ конденсатын экспорт пен мемлекет ішінде транспорттау қиындығы.

Газ өңдеу зауыттары – газ магистралдарының ең соңғы баратын жері болып саналады. Олар газ жолдарының өткізгіштік қасиетін станциядан шығар кезде газ қысымын компримирлеу арқылы жоғарлату есебінен іске асыру, және газды транспорттауға дайындау үшін арналған компрессорлар мұнайгаз өндірісіндегі барлық салаларындарында да қолданысқа ие, яғни мұнайдың қабаттан өндіруінен бастап, оны терең өңдеу мен траспорттауға дейін қажетті операциялар болып табылады.

1 Техникалық бөлім

1.1 Газ өңдеу зауыттарындағы негізгі технологиялық операциялар

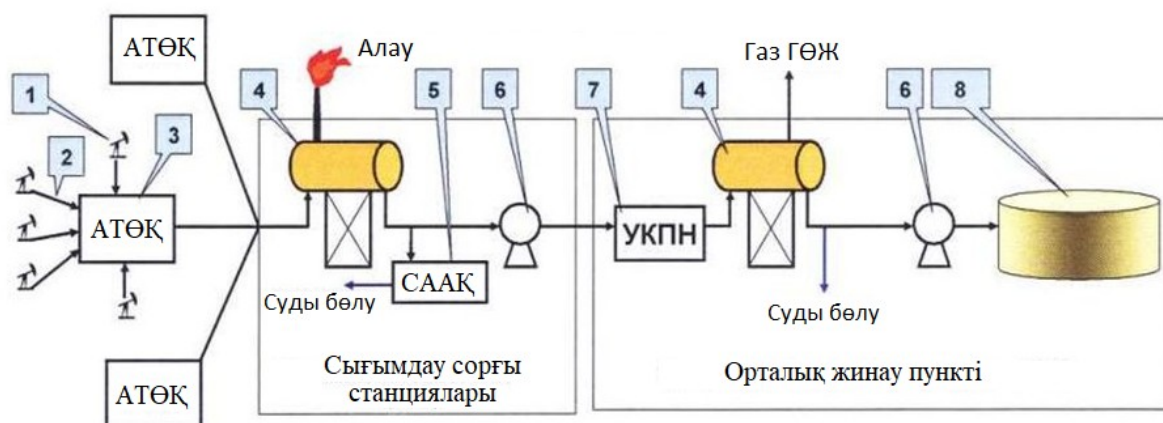
Ұңғыма өнімдері көптеген компоненттердің қоспасы болып табылады. Мұнайды жинау және дайындау жүйесі құбырлармен қосылған өнеркәсіптік техникалық құралдар мен қондырғылар кешенін қамтиды.

Қазіргі уақытта жинаудың мынадай кәсіпшілік жүйелері пайдаланылуда:

1) Өздігінен ағатын екі құбырлы жинау жүйесі – ұңғыма өнімі 0,6 МПа қысымда бөлінеді. Шығарылған газ өз қысымымен компрессорлық станцияға немесе ГӨЗ-ге тасымалданады. Сұйықтық бөлудің екінші сатысына жіберіледі. Өздігінен ағатын суы бар мұнай (биіктік айырмасы есебінен) жинау пунктiнiң резервуарларына түседі, ол жерден орталық жинау пунктiнiң резервуарларына сорғымен беріледі.

2) Жоғары қысымды бір құбырлы жинау жүйесі – бұл жүйе мұнайды бөлу процесін компрессорға ауыстыруға мүмкіндік береді. Технологиялық жабдықтың ең жоғары концентрациясына қол жеткізіледі, мұнай-газ жинау желісінің металл сыйымдылығы азаяды, кен орнында сорғы және компрессорлық станцияларды салу қажеттілігі алынып тасталады, кен орындарын игеру басталғаннан бастап ілеспе мұнай газын кәдеге жарату мүмкіндігі қамтамасыз етіледі.

3) Қысымды жинау жүйесі – бұл жүйеде ұңғымалардан 7 км дейінгі қашықтықта орналасқан учаскелік сепарациялық қондырғыларға мұнай мен газдың бір құбырлы көлігі және 100 км және одан да көп қашықтықта бір фазалы күйдегі газға қаныққан мұнай тасымалдау жүреді. Әдетте кен орындарында ұңғымалардың өнімдерін жинау қысымы қолданылады.



- 1 - ұңғымалар; 2 - шығару желілері; 3 - топтық өлшеу қондырғысы;
- 4 - сепараторлар; 5 - суды алдын-ала ағызу қондырғысы; 6 - сорғылар;
- 7 - мұнайды кешенді дайындау қондырғысы; 8 - резервуар паркі

1.1-сурет – Ұңғымалық өнімді жинау және дайындау жүйесінің принциптік схемасы

Ұңғымалардан газ сұйықтығы қоспасы автоматтандырылған топтық өлшеу қондырғыларына (АТӨҚ) түседі, онда ұңғымалық өнімнің мөлшері есепке алынады. АТӨҚ-дан кейін сұйықтық сығымдау сорғы станцияларына (ССС) немесе суды алдын-ала ағызу қондырғыларына (СААҚ) түседі. СССР-да бөлудің бірінші кезеңі жүзеге асырылады, содан кейін газ желісі арқылы газ тұтынушыға немесе газ өңдеу зауытына (ГӨЗ) жіберіледі. Ішінара газдалмаған сұйықтық орталықтан тепкіш сорғылардың (ОТС) көмегімен орталық жинау пунктіне (ОЖП) беріледі.

Алдын ала су төгетін қондырғыда сұйықтық бөлудің екі кезеңінен өтеді. Бөлудің бірінші сатысында эмульсиялардың пайда болуын болдырмау үшін сұйықтыққа деэмульгатор беріледі. Газ бөлудің екі сатысынан кейін газды кептіру түйініне, содан кейін тұтынушыға немесе ГӨЗ-ге беріледі.

Бөлудің екінші сатысындағы сұйықтық резервуарлар паркіне түседі, онда одан механикалық қоспалар ішінара бөлінеді және суды алдын-ала ағызып, кейіннен резервуарға айдау үшін блоктық сорғы станциясына (БСС) жіберіледі.

Газ өңдеу зауыттарында (ГӨЗ) таза газ кен орындарының, газ конденсаты кен орындарының газдары немесе ілеспе мұнай газдары қайта өңделеді.

Біздің елімізде үш ірі газ өндіру зауыты бар. Олар Атырау, Павлодар, Шымкет қалаларында орналасқан. Үш зауыттың қосқандағы жылдық газ өндіру мөлшері 17 млн тоннаны құрайды. Қазіргі заманғы газ өңдеу зауыттары газды одан әрі тасымалдауға және пайдалануға дайындауға, сондай-ақ сұйытылған көмірсутек газдарын алуға, сондай-ақ газ конденсаты кен орындарының конденсаттарын өңдеуге арналған ірі технологиялық қондырғылар кешенін білдіреді.

Орындалатын функцияларға сәйкес газ өңдеу зауыттарының құрамына мынадай негізгі тораптар кіреді:

- құрамында күкірті бар қосылыстардан газды тазарту және құрамында күкірті бар қосылыстарды кәдеге жарату;
- газды кептіру; газды сығымдау; сұйытылған көмірсутек (мұнай) газдары мен этан фракциясын бөлу;
- сұйытылған мұнай газдарының фракциясын газ фракциялайтын қондырғыларда (ГФҚ) бөлу;
- гелий және басқа инертті газдарды алу.

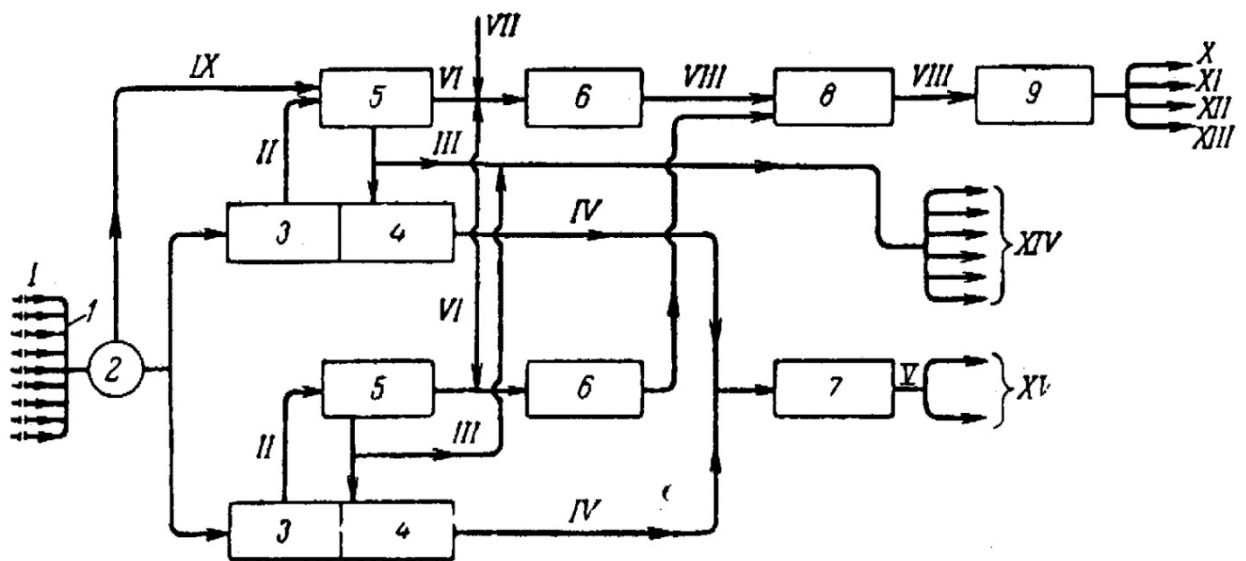
Ілеспе мұнай газдарымен жұмыс істейтін газ өңдеу зауыттары мұнайды тұрақтандыру қондырғыларымен кооперациялануы мүмкін. Газ конденсаты кен орындарына қызмет көрсететін зауыттардың өз үлесінде газ конденсатын қайта өңдеу (тазарту, тұрақтандыру және фракцияларға бөлу) жөніндегі қондырғылары болады.

Газды тазарту. Әдетте, ілеспе және табиғи газдарда көмірсутекті емес компоненттер бар: күкіртсутек және басқа күкірт қосылыстары, көмірқышқыл газы, азот және оттегі. Қолданыстағы отын нормалары бойынша – газға күкіртті сутектің құрамы бойынша қатаң талаптар қойылады - 0,003% мол аспауы керек.

Мұнай газдары, мұнайды тұрақтандыру өнімдері және газ конденсаттарының жеңіл фракцияларында әртүрлі қоспалар бар (қышқыл

газдар деп аталады): көмірқышқыл газы, күкіртсутек, көміртегі тотығы, күкіртсутек, меркаптандар. Олардың барлығы мұнай-көмірсутек шикізатын химиялық өңдеу процестерін жүргізу кезінде зиянды болып табылады және оларды алып тастау керек.

Газ өңдеу және мұнай өңдеу зауыттарының құрамында күкірт пен басқа қоспалардан тазарту қондырғылары көмірсутек шикізатының бүкіл ағыны үшін ортақ болуы мүмкін. Көп жағдайда бұл опция ең ұтымды, бірақ әрқашан экономикалық тұрғыдан негізделген және техникалық тұрғыдан мүмкін емес. Кейбір жағдайларда көмірсутектерді бөлек тазарту әр фракция үшін әртүрлі тәсілдермен ұйымдастырылады.



- 1-Газ қабылдау пункті; 2-газды тазарту және мөлшерін өлшеу қондырғысы;
 3 және 4 - компрессорлық станциялар (тиісінше I және II саты); 5 - бензин құю қондырғылары; 6 - газ фракциялайтын қондырғылар; 7 - газды кептіру қондырғысы; 8 - тауар паркі; 9 - құю шаруашылығы.

Ағындар: I-кәсіпшіліктен шыққан газ; II-сығымдаудың 1 сатысынан кейінгі шикі газ; III-төмен қысымды бензин газы; IV-жоғары қысымды бензин газы; V-жоғары қысымды құрғатылған газ; VI-бензин қондырғысынан тұрақсыз бензин; VII-сырттан келетін тұрақсыз бензин; VIII — Тауарлық өнім; IX — бензин конденсаты; X-пропан; XI-н-бутан; XII — изобутан; XIII — бензин; XIV — жақын тұтынушыларға газ; XV-алыс тұтынушыларға газ.

1.2 Сурет – Газ өңдеу зауытының технологиялық объектілері мен ағындары

Гетерогенді қоспаларды және тиісті аппаратураны бөлудің гидромеханикалық процестері газ өңдеу зауытының кіреберісіндегі газды механикалық қоспалардан және тамшылатып сұйықтықтан тазарту үшін газ өңдеуде кеңінен қолданылады; компрессорлардан кейін шығарылған конденсацияланған сұйықтық пен майдың газынан бөлу үшін; абсорбциялық колонналардан шығатын газдан адсорбентті түпкілікті бөлу үшін;

салқындатқыш қондырғылардан кейін газдан конденсатты бөлу үшін; гликоль регенерация блоктарындағы су буы мен гликольді бөлу үшін және т. б.

Газды өңдеуде негізінен газ-сұйық, газ-қатты қоспалардың изотермиялық бөлінуі қолданылады, мұнда тасымалдаушы (қатты орта) газ, ал дисперсті орта-сұйық немесе қатты суспензия. Бұл жағдайларда тасымалдаушы дисперсті ортаға қарағанда жеңілірек болады.

ГӨЗ бөлу аппаратурасын үш сыныпқа бөлуге болады: 1) компрессорлардың алдына ГӨЗ кірісіне орнатылатын және газды механикалық қоспалардан және тамшы сұйықтықтан тазартуға арналған кіріс сепараторлары; 2) тамшы сұйықтықты бөлу үшін ГӨЗ технологиялық желілеріне орнатылатын аралық сепараторлар, содан кейін газ одан әрі өңдеуге түседі; 3) негізгі технологиялық сепараторлар (соңғы) сұйықтықты (мақсатты көмірсутектерді, гликольдерді және т.б.) НТК немесе НТА схемаларында төмен температураға дейін салқындағаннан кейін газ-сұйықтық ағынынан бөлудің соңғы сатысына арналған сепараторлар.

1.2 Газ өңдеу зауытының компрессорлары

Компрессорлар деп - түрлі газдардың қысымын арттыру мен оны тасымалдау үшін арналған машиналарды айтамыз. Компрессорларды газдардың қысымын арттыру газ энергиясын қозғалтқыштың механикалық энергиясын қолдану есебінен ұлғайту арқылы жүреді.

Барлық компрессорлар олардың әрекет ету тәсілі бойынша үш топқа бөлінуі мүмкін, яғни энергия газға қалай берілетіні және газдың қысымын арттыру үшін қандай физикалық құбылыстар пайдаланылатыны бойынша:

- көлемдік компрессорлар;
- динамикалық компрессорлар;
- жылу компрессорлары.

Қазіргі уақытта ГӨЗ-де поршеньді және ортадан тепкіш компрессорлар жиі кездеседі. Соңғы кезде шетелдік және отандық зауыттарда ортадан тепкіш машиналар көбірек қолданылуда, бірақ поршеньді және ортадан тепкіш машиналардың кемшіліктері мен артықшылықтары бар. Поршеньді машиналардың, әсіресе газ қозғалтқышының компрессорларының негізгі артықшылықтары – төмен техникалық қызмет көрсету, п.э.к., тұрақты жұмыстың өнімділіктің ауытқуына және қысылатын газдың тығыздығына тәуелділігі аз. Поршеньді машиналардың негізгі кемшіліктері – бұл үлкен қозғалмалы массалардың болуы, айтарлықтай өлшемдер мен салмақтар, сығылған ағынның пульсациясы, бөлшектердің тез тозуы, нәтижесінде сенімділіктің төмендеуі және жөндеудің үлкен шығындары.

Ортадан тепкіш машиналар аталған кемшіліктерден толығымен айырылған, бірақ олардың қалыпты жұмысы көбінесе қайта өңделетін газдың өнімділігі мен тығыздығының ауытқуына байланысты. Сондықтан ортадан тепкіш машиналардың тұрақты жұмыс ауқымы жетек түрімен анықталады –

электр қозғалтқышын жетек ретінде қолданған кезде сығылатын газдың тығыздығының ауытқуы шамалы болуы керек.

Егер турбокомпрессордың жетегі ретінде газ турбины қолданылса, газ тығыздығы бойынша ортадан тепкіш машинаны пайдалану аймағы кеңейеді. Алайда, газ турбинының тиімділігі газ қозғалтқышының компрессор қозғалтқышына (0,36) қарағанда төмен (0,26). Поршенді компрессорлардың п.э.к.-і 0,9 және одан жоғары деңгейге жетеді, ал көп сатылы ортадан тепкіш компрессорларда ол 0,72-0,75 құрайды, сондықтан машиналардың әртүрлі түрлерін таңдағанда тиісті техникалық-экономикалық есептеулер жүргізу қажет.

Әзірленіп жатқан компрессор газ өңдеуші зауыттарда немесе жолшыбай газдарды қабаттарға жіберу жұмыстарында қолданыла алады.

Ұңғымалардан келетін мұнай мен газ қоспасы бастапқыда орталық манифольдтан қоспаны алғаш тазалау орындалатын қондырғыға барады. Кейіннен бұл қоспа сұйық фазаның газды фазадан айыру қондырғысына барады. Өз кезегінде сұйық фаза мұнай мен суға айырылады, сонан соң мұнай демеркаптандау қондырғысына түседі, онда қалған меркаптандардан тазартылады. Кейіннен, мұнай қолданушыға магистралды мұнай құбырлары немесе темір жол цистерналары арқылы транспортталады.

Айырудан кейін сұйық фаза табиғи газ күйінде болады, оның құрамына бутан, пропан және күкіртсутек кіреді. Технологиялық процесс аталған барлық құраушыларды бөлу үрдісін қамтиды.

1.3 Ортадан тепкіш компрессордың конструкциясы

Арнаулары бойынша компрессорлардың конструкциялық безендірілуі және жұмыс істеу принципі әртүрлі болулары мүмкін (1.3-сурет).

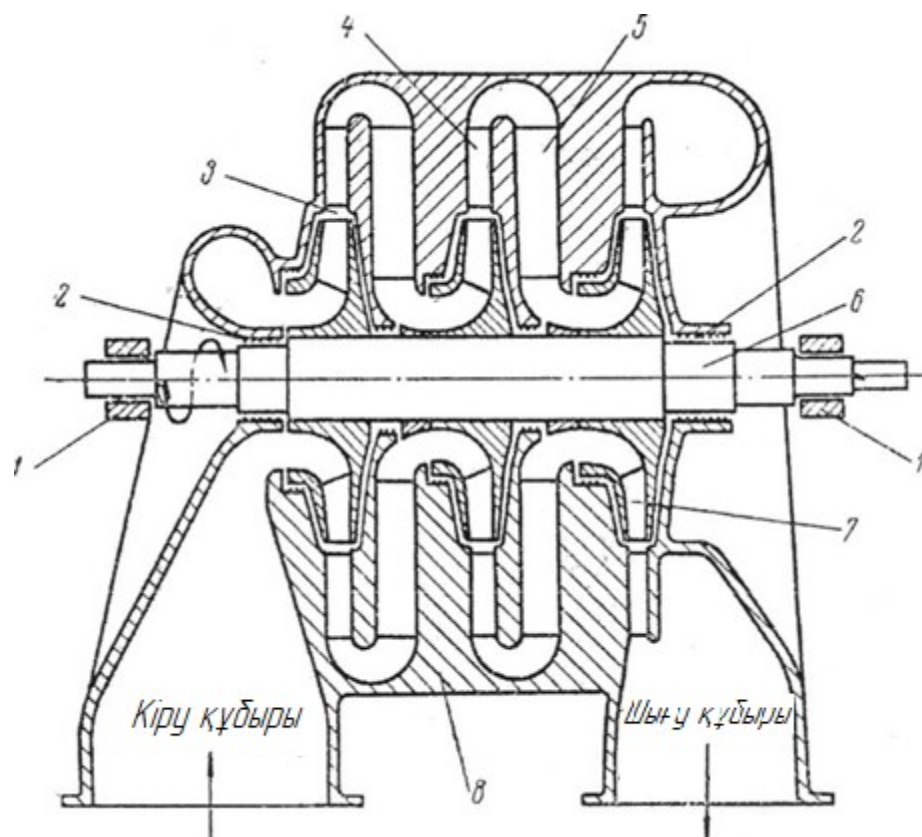
Компрессордың жұмыс істеу принципі сөзінің астарында газ қысымын ұлғайту мен энергияны газға әкелу тәсілдерінде қолданылатын физикалық құбылыстардың біріккен жағдайын түсіну керек.

Өйткені, кинетикалық теорияға жүгінсек, газ қысымы – беткей бірлігі мен соққылар жиелілігіне келетін уақыт бірлігінде молекулалардың соғылу мөлшерімен анықталатындықтан, қысымды екі жолмен көтеруге болады: молекулаларды өзара жақындастыру, яғни көлем бірлігінде (газбен толтырылған) молекулалар мөлшерін көбейту; газды қыздыру барысында молекулалардың қозғалу жылдамдықтарын жоғарлату арқылы.

Сонғы тәсіл техникада келесі жағдайда қолданысқа ие: бастапқы температураға дейін газды суытқаннан кейін, оның қысымы қыздырғанға дейінгі болған қысымға дейін түсіп кетеді, алайда бізге температурасы жоғары емес кезінде сығылған газ қажет. Осылайша, газды сығымдау үшін молекулаларды жақындастыру тәсілін қолдану артығырақ.

Газ молекулаларын жақындастыруды газдың өзі орналасқан тұйық кеңістік көлемін төмендету арқылы орындауға болады. Оның қабырғалардың

орнын ауыстыру арқылы жасауға болады (мысалы, цилиндрдегі поршень). Бұл жағдайда газ сығылуы барысында қозғалыссыз, сәйкесінше, онда инерция күші пайда болмайды. Сондықтан, көрсетілген тәсілді статикалық деп атауға болады. Оны көлемдік компрессорлардың негізгі жұмыс принципі деп атауға болады. Бұл машиналардың сипаттамалық ерекшеліктері - жұмыс процесінің периодтылығы.



1-мойынтірек, 2-нығыздағыш, 3-күрексіз диффузор, 4-күректі диффузор, 5-кері бағыттаушы аппарат, 6-ротор, 7-корпус.

1.3 Сурет – Көпсатылы ортадан тепкіш компрессор сұлбасы

Молекулалардың жақындасуларын газ ағымында инерция күштерін пайдалану жолы арқылы іске асыруға болады. Бұл тәсіл динамикалық деп те атала алады. Газдың сығылуы - динамикалық тәсілмен, оның молекулаларының жақындасуы турбокомпрессорлы машиналардың негізгі жұмыс принципі болып табылады. Бұл машиналардың сипаттамалық ерекшеліктері - газдың үздіксіз ағыны және сығылу процесінің үздіксіз жүруі. Энергияның турбокомпрессорлардағы өзгеруін меншікті түрде екі сатығы бөлуге болады: бірінші сатыда газға келтірілетін механикалық энергия есебінен кинетикалық энергия айтылады, екінші сатыда - кинетикалық энергия біріңғай түрде газ қысымы энергиясына біріңғай түрде газ қысымы энергиясына айналады.

Турбокомпрессорлар басқа компрессорларға қарағанда бірқатар артықшылықтарға ие:

1) салмағының және көлемінің салыстырмалы түрде үлкен болуы (бұл қасиет газ ағымының үлкен жылдамдықтары және үздіксіздігімен негізделген);

2) ілгерінді - кейінді қозғалыстың болмауы (бұл жағдай фундаментінің жеңіл болуын және пайдалану жеңілдігін қамтамасыз етеді);

3) газды берудің бірқалыптылығы;

4) газдың маймен ластануының болмауы, нәтижесінде, майлау материалдарының шығыны да аз;

5) компрессордың жылдам жүрісті немесе газ турбиналарымен және электрқозғалтқышымен тіке байланысу мүмкіндігі.

Турбокомпрессорлардың кемшіліктеріне аз шығынды алу үшін жасау қиындығы (әсіресе өстік компрессорларды) және қысымды жоғарлату дәрежелері бірнеше ондағанға жоғары, сонымен қатар, бұл машиналардың тұрақтылығын және жұмыс принципін қарастырайық.

Турбокомпрессорлардың кез-келген түрі, әрбір машина тәрізді, айналмалы күрекшелі аппараттардан тұрады - жұмысшы доңғалақтар, олар арқылы жұмысшы денеге сыртқы көзден энергия беріледі және қозғалмайтын аппараттардан - ағын бағыты мен көлемінің өзгеруіне арналған. Бір жұмысшы доңғалақтың одан кейін орналасқан қозғалмайтын аппаратпен бірігіп жұмыс істеуі турбокомпрессор сатысы деп аталады.

Ортадан тепкіш компрессор сұлбасы 1.3-суретте келтірілген. Ортадан тепкіш компрессордың ағынды бөлігі шығу патрубасынан, конфузордан, шығу бағыттаушы аппараттан, сатылар тобынан тұрады. Сатылардың жұмысшы аппараттары білікпен және дискілермен қосылып, немесе олар орналасқан барабанмен қосылып, роторды құрайды. Бағыттаушы аппараттар корпуспен бірге өздері бекітілген статорды құрайды.

Компрессор роторы мойынтіректерде тіреледі, бұл мойынтіректер сырғанау және тербелмелі түрлерде болуы мүмкін. Мойынтіректер ротор салмағынан болатын радиалды жүктемелерді және компрессор жұмысы кезінде пайда болатын өстік жүктемені де құрайды. Ауаның атмосферадан сорылуын тоқтату немесе азайту үшін, сәйкесінше ағынды бөліктен атмосфераға ауаның шығып кетуінен нығыздағыштар орнатылып, қорғайды. Кіру патрубогы газды қоршаған ортадан немесе байланыстырушы құбыр жолдарынан сақиналы конфузорға біркелкі келтіру үшін қажет. Соңғысы (конфузор) ағынды жылдамдату үшін қажет. Кіруші бағыттау аппараты бірінші саты алдында берілген жылдамдықтар өрісін тудырады. Сатыларда келтірілетін механикалық энергия есебінен газ сығылады. Диффузорда газ өзінің кинематикалық энергиясының төмендеуіне байланысты төмендейді. Шығу патрубогы газдың диффузордан біркелкі қашықталуы және оны айдау желісіне беру үшін қажет.

1.4 Прототип таңдау, негізгі конструктивтік ерекшеліктер, оның элементтері

Прототип ретінде ГӨЗ-де қолданылатын К-500 типті ортадан тепкіш компрессоры алынды. Ол компрессор газды берілген параметрлерге дейін сығымдауға арналған және де басқа пневматикалық жабдықтарда, пневматикалық құралдарда және технологиялық процестерде әртүрлі салаларда қолданылатын атмосфералық ауаны сығуға да арналған.



1.4 Сурет – Компрессордың жалпы түрі

К - 500 компрессоры газды сығуға және оны қуат құралдары мен жабдықтарға беруге арналған. Ол көптеген салаларда қолданылады. Оның құрамында жетекті электр қозғалтқышы және мультипликаторы бар. Барлық К-500 компрессорлары, қосалқы бөлшектері мен қосымша жабдықтары мемлекеттік стандарттарға сәйкес келеді, қажетті тексерулер мен сынақтардан өтті, ол сапа сертификатымен расталады. Өнімнің өзіндік құны қолжетімді болып қала береді.

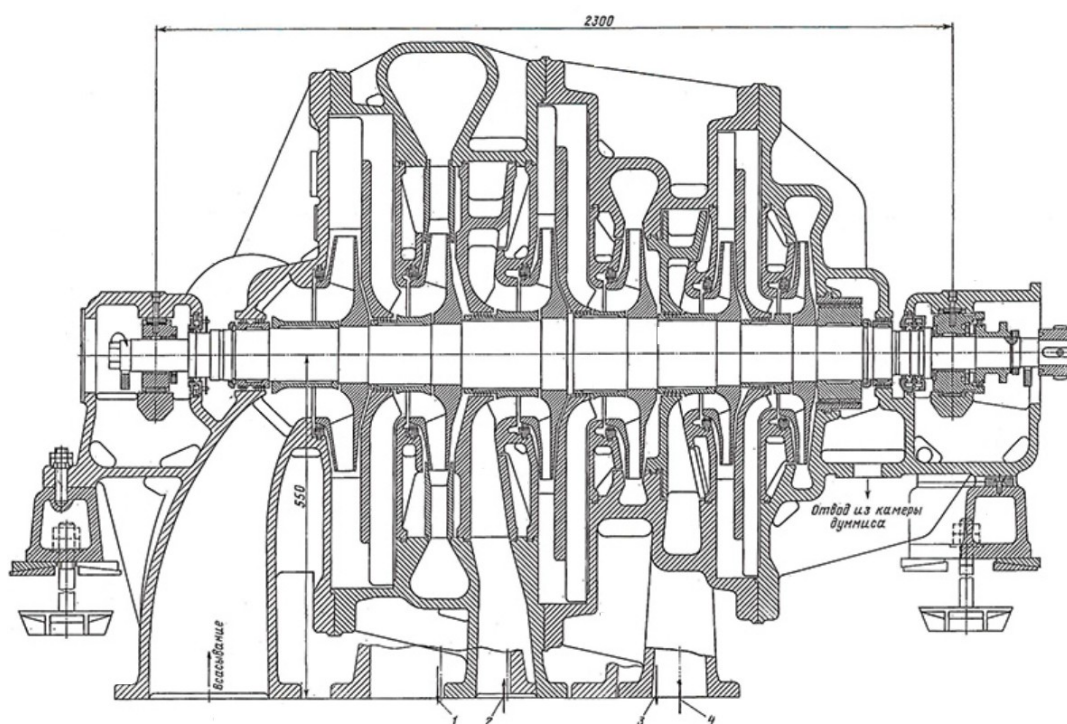
Қондырғының майлау жүйесі – циркуляциялық, еркін және мәжбүрлі ағызу типінде

Бірінші, екінші сияқты, сатылар тобы аталған ортадан тепкіш компрессордың шығу патрубогынан, сатылардан және шығу патрубогынан тұрады. Ортадан тепкіш компрессор сатысы кіру бағыттаушы аппаратынан, жұмысшы дөңгелектен және сатысының қозғалысының элементтерінен тұрады.

1 Кесте – ГӨЗ-де қолданылатын ортадан тепкіш компрессорлар

| Параметрлер | К-250 | ЦТК-275/9 | К-500 | К-1500 | ЦК-135/8 | КТК-7/14 |
|---------------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------------|------------------|
| Өнімділік, м ³ | 275 | 275 | 500 | 1500 | 135 | 116,6 |
| Бастапқы қысым, МПа; | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 7.5 | 7.8 | 14.0 |
| Қуат тұтыну, кВт | 1 535 | 1 535 | 3000 | 7550 | 870 | 1050 |
| Айналу жиілігі, айн/мин; | 11172 | 11172 | 7625 | 4470 | 13645 | 13640 |
| Роторлар саны | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Қозғалтқыш түрі | СТДМ-1600-23УХЛ4 | СТДМ-1600-23УХЛ4 | СТД-3150-23УХЛ4 | СТД-9000-2УХЛ4 | 4АЗМ-1000 СТД-1000 | СТДМ-1250-23УХЛ4 |

Кіру бағыттаушы аппараты газды жұмысшы дөңгелекке қажетті жылдамдықтардың көлемі мен радиус бойынша бағыты бірнеше реттелуін қамтамасыз етеді. Кіру бағыттау аппараты тәуелсіз түйін түрінде жасалуы мүмкін немесе оның қызметін алдыңғы сатының қозғалтқышын элементтерінің шығу бөлігі атқарады.



1, 3-аралық ауа салқындатқышқа; 2, 4-аралық ауа салқындатқыштан
1.5 Сурет – К 500-61-1 типті компрессордың бойлық қимасы

1.4.1 Жұмысшы дөңгелек. Жұмысшы дөңгелек қозғалтқыштан дөңгелекке әкелетін механикалық энергияны газдың кинематикалық энергиясына айналдырады. Бұл энергияның жұмысшы дөңгелектегі айналымы күректі айналатын аппаратпен іске асады.

Жұмысшы дөңгелектердің негізгі түрлерін қарастырайық.

Конструктивтік орындалуы бірнеше жұмысшы дөңгелектер ашық, жартылай ашық және жабық түрлерге бөлінеді. Берілген конструкцияда дөңгелектердің жабық түрі қолданылған, ондағы екі торецтегі күрекшелер дискілерге бекітіледі, оның бірі газдың – келуі жағында орналасқан, жабушы деп аталады. Жабық мүмкін емес. Газ ағымы дөңгелектегі газдың әсерінен оқшауланған.

Осыған байланысты доңғалақтар экономикалық жағынан тиімді болып келеді және стационарлы ортадантепкіш компрессорларда жиі қолданылады.

Жұмысшы доңғалақтар көміртекті немесе легіріленген болаттардан жасалады (қыздырылған орнату), ротордың айналуы кезінде орнатудың босап кетуін жою үшін жұмысшы доңғалақтарды шпонкаларға қондырады.

Сатының қозғалмайтын элементтері газдың кинетикалық энергиясының бөлігін потенциалдыға айналдыру үшін және газды келесі саты мен шығу патрубкіне жеткізу үшін қажет, егер соңғы саты немесе газ аталған сатыдан аралық тоназытқышқа бағытталған газ болса. Қозғалмайтын элементтер күрексіз деффузордан, бұрылу тізесінен және кері бағыттау аппаратынан тұрады.

Күрексіз диффузор екі дискі арасындағы сақиналы кеністік күйінде болады. Шектеуші беттер көбіне жалпақ түрде болады.

Газды келесі сатыға келтіру үшін оның қозғалу бағытын өзгерту керек және газ ағынын айналу өсіне бағыттау қажет. Ағынды бұру үшін бұру тізесі қолданылады.

Кері бағыттаушы аппарат келесі сатыға бұру үшін қолданылады.

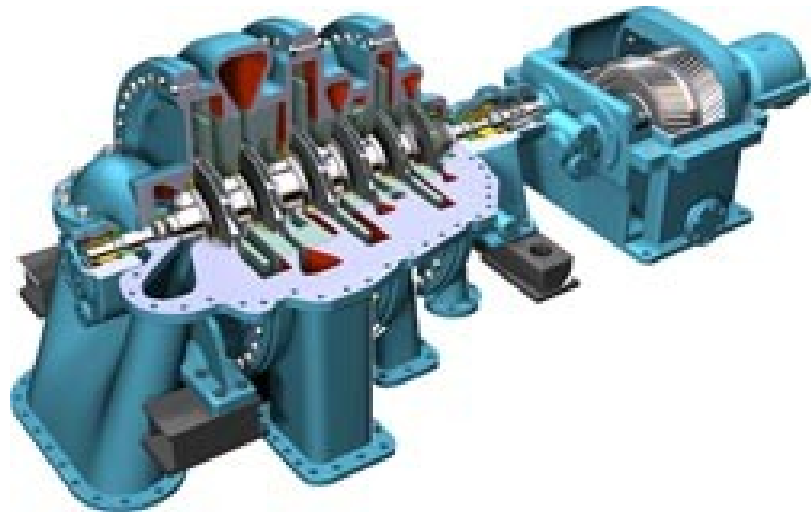
1.4.2 Мойынтіректер. Бізге белгілі болғандай, жұмыс принципі мен конструктивті орындалуы бойынша мойынтіректер сырғанау және тербелмелі болып бөлінеді.

Жылдам жүрісті біліктері бар машиналарда, айналу жиілігі ондаған мың айналымға тең, ротор балансировкасының кішкене болсада ауытқуы тербелмелі мойынтіректердің бұзылу мен машинаның апатына алып келеді, ал сырғанау мойынтіректері майлау қабатының қасиеттеріне байланысты дірілге тұрақты болады.

Ұзақ уақыт бойы тоқтаусыз жұмыс істейтін бу турбиналары мен турбоагрегаттар үшін сырғанау мойынтіректері жақсы сәйкес келеді, ал тербелмелі мойынтіректер мұнда жарамайды. Сырғанау тіректері сұйық майлау жағдайларында тозуға мүлдем ұшырамайды. Сондықтан, берілген компрессорға сырғанау мойынтіректерін тандамаймыз.

Сырғанау мойынтіректерін келесідей түрлерге бөлінеді:

- цилиндрлі егілуі бар мойынтіректер;
- эллипстік егілуі бар мойын тіректер;
- кеністікте жылжып кеткен қондырғылары бар мойынтіректер;
- үшкілінді мойынтіректер;
- өзі қондырылатын қондырғылары бар мойынтіректер және т.б.



1.6 Сурет – К-500-61-1 типті ортадан тепкіш компрессордың қима көрінісі

Өздігінен қондырылатын вкладыштары бар радиалды мойынтіректерді кеңінен өндіру соңғы жылдарда ғана басталды, яғни қозғалмайтын қондырғылары бар және дәстүрлі егеулері бар қарапайым мойынтіректер істен шыққан кезде. Конструкциясының күрделігіне қарамастан қарапайым мойынтіректермен салыстырғанда дұрыс жобаланған және өздігінен қондырылатын қондырғылары бар мойынтіректер бірқатар артықшылықтарға ие.

Дәстүрлік құрылысты мойынтіректерден айырмашылығы - майлау қабығында жылдам айналымды роторлар автотербелістерін қоздырып және ұстап тұра алмауымен қатар тұрақтандырушы қасиеттері жоғары бірқатар жағдайларда сыртқы айналымды күштерден болатын тұрақсыздықты жеңуге мүмкіндік береді.

2 Есептеу бөлімі

2.1 Компрессор схемасы және сатының таңдалуы

Дипломдық жобалау тапсырмасы бойынша ортадан тепкіш компрессордың параметрлері келесідей болу керек:

Өнімділігі Q , м³/мин - 500

Қысымы P , МПа - 6

Жобаланатын ортадан тепкіш газ айдағыштың үлгісі ретінде мен К-500-61-1 типті ортадан тепкіш компрессорын алдым. Келесі есептеулерді жүргізгенде мәндер жоғарыда аталған компрессордың техникалық сипаттамаларынан алынды.

Тұрақты компрессорларында ПЭК-тің таңдалуына ең үлкен мән беріледі. Сондықтан оларда әдетте жауырындары бар, артқы бүгілмелерімен (280-320 м/сек дейін) жабулы дөңгелектер қолданылады. Бұл компрессордың көп сатылы схемасының таңдауын алдын ала анықтайды.

Ағындардың саны газ шығынымен анықталады. Көлемді шығын $V_{вх} \leq 40-50$ м³/сек болғанда әдетте бір ағымды схема таңдалынады, $V_{вх} \geq 40-50$ м³/сек кезінде - екі ағымды таңдалынады.

Сатылардың бірінші тобы үшін:

$$V_{вх.1} = 300 \text{ м}^3/\text{мин} = 5,6 \text{ м}^3/\text{сек} < 40-50 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

Екінші сатылардың топтары үшін:

$$V_{вх.2} = 500 \text{ м}^3/\text{мин} = 8,33 \text{ м}^3/\text{сек} < 40-50 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

2.2 Жобаланатын компрессордың негізгі параметрлерін есептеу

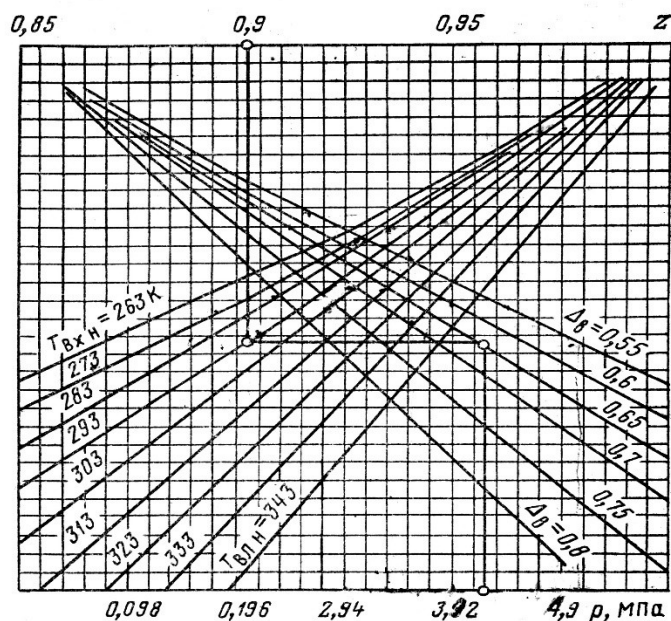
Табиғи газды $Q_{кв} = 720\,000$ м³/тәул көлемінде СТД-3150-23УХЛ4 агрегатымен жабдықталған компрессор жұмыс режимін талдау керек. Айдағыштың номиналды айналу жиілігі $n_0 = 7625$ айн/мин. Компрессорға кірердегі газ қысымы $P_{вх1} = 5,18$ МПа, температура $T_0 = 288$ К құрайды. Айдалатын газдың қатыстық тығыздығы $\Delta = 0,67$ кг/м³, адиабата көрсеткіші $K = 1,41$.

1) Газ тұрақтысын анықтаймыз: i - ауаның газ тұрақтысы, $R_a = 287,1$ Дж/(кг · К)

$$R = \frac{R_a}{\Delta}, \quad (2.1)$$

$$R = \frac{R_a}{\Delta} = \frac{287,1}{0,67} = 428 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}).$$

2) Номограмма бойынша (2.1-сурет) сығымдалу коэффициенті Z анықтаймыз:



2.1 Сурет - Қысым P , температура T_g және қатыстық тығыздық бойынша Δ газдың сығымдалу коэффициентін анықтауға арналған номограмма

Номограммдан $Z=0,89$ анықтаймыз.

3) Газдың айдағышқа кірер кезіндегі стандартты жағдайлардағы тығыздығы

$$p_m = \Delta p_a, \quad (2.2)$$

$$p_m = \Delta p_a = 0,67 \cdot 1,206 = 0,8 \text{ кг/м}^3.$$

4) Айдағышқа кірердегі сығымдаудың алғашқы сатысындағы қалыпты жағдайдағы газдың тығыздығын анықтаймыз:

$$p_{a1} = \frac{P_{e1}}{Z \cdot R \cdot T_g}, \quad (2.3)$$

$$p_{a1} = \frac{P_{e1}}{Z \cdot R \cdot T_g} = \frac{5,18 \cdot 10^6}{0,89 \cdot 428 \cdot 296} = 46 \text{ кг/м}^3.$$

5) Айдағыштың берілісі мынаны құрайды:

$$Q_1 = Q_{кc}, \quad (2.4)$$

$$Q_1 = Q_{кc} = 720 \cdot 10^3 \text{ м}^3 / \text{тә ул.}$$

6) Сору шарты бойынша айдағыш сатысының көлемдік берілісі:

$$Q_{\epsilon 1} = \frac{Q_1 p_m}{24 \cdot 60 p_{a1}}, \quad (2.5)$$

$$Q_{\epsilon 1} = \frac{Q_1 \cdot p_m}{24 \cdot 60 p_{a1}} = \frac{720 \cdot 10^3 \cdot 0.8}{1440 \cdot 46} = 8,69 \text{ м}^3 / \text{мин.}$$

7) К-500-61-1 сипаттамалары бойынша айдағыштың ең жоғарғы ПӘК аумағы $Q_{np} = 400 \div 550 \text{ м}^3 / \text{мин}$ беріліс аралығына сәйкес келеді. айдағыштың алғашқы сығымдау сатысындағы айналу жиілігінің мүмкін болатын өзгеру аралығын табамыз:

$$n_1 = n_0 \frac{Q_{\epsilon 1}}{Q_{np}}, \quad (2.6)$$

$$n_1 = n_0 \frac{Q_{\epsilon 1}}{Q_{np}} = 3700 \frac{625}{400 \div 550} = 5150 \div 4200 \text{ айн} / \text{мин.}$$

$n_1 = 5000$ айн/мин деп қабылдап, бірінші айдағыш бойынша келтірілген шығынды табамыз:

$$Q_{np1} = Q_{\epsilon 1} \frac{n_0}{n_1}, \quad (2.7)$$

$$Q_{np1} = Q_{\epsilon 1} \frac{n_0}{n_1} = 8,69 \cdot \frac{3700}{5000} = 6,43 \text{ м}^3 / \text{мин.}$$

8) Айдағыштың келтірілген айналу жиілігі: мұнда R_{np} , Z_{np} , T_{np} келтірілген өлшемдердің мәні, 2.2- суреттен алынған

Есептік өлшемдердің мәндері: $T_{np} = 296\text{К}$, $Z_{np} = 0,895$, $R_{np} = 435 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot \text{К})$, $n_n = 5000 \text{ айн} / \text{мин}$

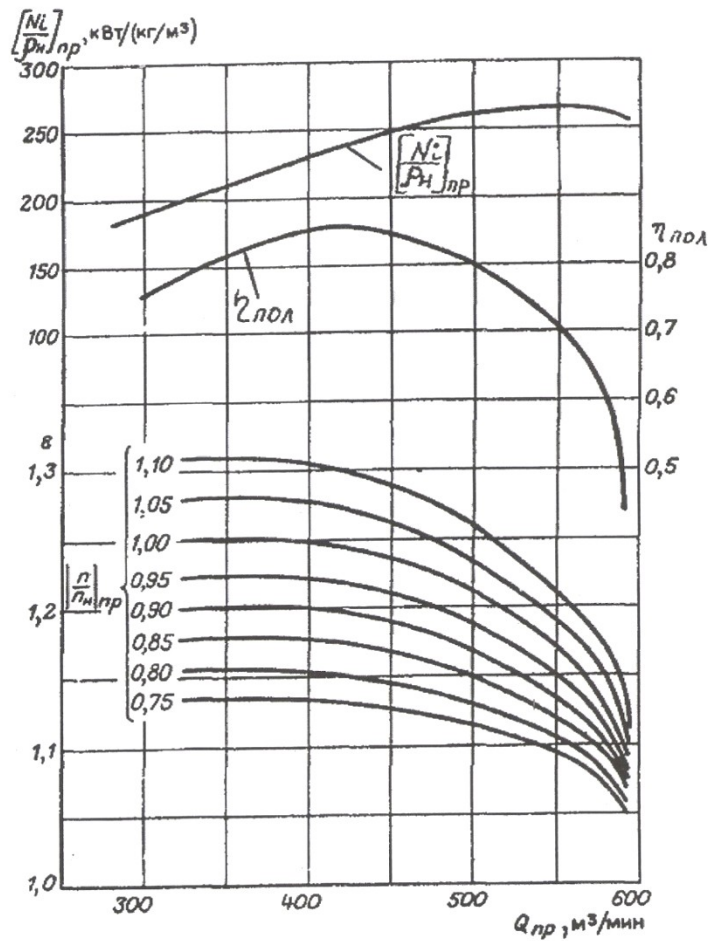
9) Суреттің графигі бойынша келесіні табамыз:

$$\epsilon = 1,23 \left(\frac{N_I}{\rho_{a1}} \right)_{np} = 270 \frac{\text{кВт}}{\text{кг} / \text{м}^3}.$$

Алғашқы айдағыштың тұтынатын ішкі қуаты:

$$N_{I1} = \rho_{a1} \left(\frac{N_I}{\rho_{a1}} \right)_{np} \cdot \left(\frac{n_1}{n_0} \right)_{np}^3, \quad (2.9)$$

$$N_{H1} = \rho_{a1} \left(\frac{N_I}{\rho_{a1}} \right)_{np} \cdot \left(\frac{n_1}{n_0} \right)^3 = 39 \cdot 270 \cdot 0,98^3 = 9910 \text{ кВт.}$$



2.2 Сурет - К-500-61-1 айдағышының келтірілген сипаттамалары

10) Бірінші сатылы айдағыштан шыққан газдың қысымы:

$$P_{H1} = \varepsilon_1 P_1, \quad (2.10)$$

$$P_{H1} = \varepsilon_1 P_1 = 1.23 \cdot 4,4 \cdot 10^6 = 5,4 \text{ МПа.}$$

Бірінші сатыдағы айдағыштан кейін газдың температурасы шынайы сығымдау процесінің политроаты теңдеуінен алынады ($\eta_{пол}$ – айдағыштың политропты ПӘК-і, сурет бойынша аталған процес үшін $\eta_{пол} = 0,83$):

$$T_{H1} = T_1 \left(\frac{P_{H1}}{P_1} \right)^{\frac{K-1}{K \eta_{пол}}}, \quad (2.11)$$

$$T_{H1} = T_1 \left(\frac{P_{H1}}{P_1} \right)^{\frac{K-1}{K \eta_{пол}}} = 288 \left(\frac{5,41 \cdot 10^6}{4,4 \cdot 10^6} \right)^{\frac{1,41-1}{1,41 \cdot 0,83}} = 309 \text{ К.}$$

11) Екінші сатыдағы айдағышқа кірердегі қысым бірінші және екінші сатылар арасындағы қысым жоғалтуды Δp ескере отырып анықталады ($\Delta p = 0,01 \div 0,013$ МПа):

$$P_{H2} = P_{H1} - (0,01 \div 0,013), \quad (2.12)$$

$$P_{H2} = P_{H1} - (0,01 \div 0,013) = 5,41 \cdot 10^6 - 0,01 \cdot 10^6 = 5,4 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

12) Екінші сатылы сығымдау айдағышына кірердегі газдың тығыздығы (кірердегі температура алдыңғы сатыдағы шығу температурасына тең деп алынады $T_{H1} = T_{B2}$):

$$\rho_{a2} = \frac{P_{H2}}{Z_a R T_{a2}}, \quad (2.12)$$

$$\rho_{a2} = \frac{P_{H2}}{Z_a R T_{a2}} = \frac{5,4 \cdot 10^6}{0,89 \cdot 428 \cdot 309} = 42,5 \text{ кг/м}^3.$$

13) Сору жағдайындағы екінші сатыдағы айдағыштың көлемдік берілісі:

$$Q_{H2} = \frac{Q_1 \rho_m}{24 \cdot 60 \rho_{a2}}, \quad (2.14)$$

$$Q_{H2} = \frac{Q_1 \rho_m}{24 \cdot 60 \rho_{a2}} = \frac{29,3 \cdot 10^6 \cdot 0,8}{24 \cdot 60 \cdot 42,5} = 383 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

14) 2.2 - суреттің берілгендері бойынша айдағыштың ең жоғарғы ПӘК-і аумағы үшін айналу жиілігінің өзгеру аралығы мынаған тең:

$$n_2 = n_0 \frac{Q_{e2}}{Q_{np}}, \quad (2.15)$$

$$n_2 = n_0 \frac{Q_{e2}}{Q_{np}} = 4950 \frac{383}{400 \div 550} = 4750 \div 3500 \text{ айн/мин.}$$

15) $n_2 = n_1 = 4500$ деп қабылдап, дәл сондай есепті жүргіземіз.

16) Келтірілген беріліс:

$$Q_{np2} = Q_{e2} \frac{n_0}{n_1}, \quad (2.16)$$

$$Q_{np2} = Q_{e2} \frac{n_0}{n_1} = 383 \frac{4950}{4500} = 421 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

17) Айдағыштың келтірілген айналу жиілігі

$$\left(\frac{n_2}{n_0}\right)_{np} = \frac{n_2}{n_0} \sqrt{\frac{Z_{np} R_{np} T_{np}}{Z R T_{H1}}}, \quad (2.17)$$

$$\left(\frac{n_2}{n_0}\right)_{np} = \frac{n_2}{n_0} \sqrt{\frac{Z_{np} R_{np} T_{np}}{Z R T_{H1}}} = \frac{4500}{4950} \sqrt{\frac{0.895 \times 435 \times 296}{0.89 \times 428 \times 309}} = 0,9.$$

18) 2.2 - сурет бойынша мынаны табамыз:

$$\varepsilon = 1.2, \quad \left(\frac{N_1}{\rho_{a1}}\right)_{np} = 230 \frac{\text{кВт}}{\text{кг/м}^3}.$$

19) Екінші саты айдағышының тұтынатын ішкі қуаты:

$$N_{I2} = \rho_{a2} \left(\frac{N_{I2}}{\rho_{a2}}\right)_{np} \left(\frac{n_2}{n_0}\right)_{np}^3, \quad (2.18)$$

$$N_{I2} = \rho_{a2} \left(\frac{N_{I2}}{\rho_{a2}}\right)_{np} \cdot \left(\frac{n_2}{n_0}\right)_{np}^3 = 42,5 \cdot 230 \cdot 0,9^3 = 7150 \text{ кВт}.$$

Білігіндегі қуат:

$$N_2 = N_{I2} + N_{\text{мех}}, \quad (2.19)$$

$$N_2 = N_{I2} + N_{\text{мех}} = 7150 + 100 = 7250 \text{ кВт}.$$

20) Екінші саты айдағышынан шығардағы газдың қысымы:

$$P_{H2} = \varepsilon_2 P_{\varepsilon 2}, \quad (2.20)$$

$$P_{H2} = \varepsilon_2 P_{\varepsilon 2} = 1.2 \cdot 5,4 \cdot 10^6 = 6,48 \text{ МПа}.$$

Компрессордан шығардағы шектік рұқсат етілген қысым:

$$P_{H2} = 7,5 \div 7,6 \text{ МПа}.$$

21) Екінші саты айдағышынан шығардағы температура:

$$T_{H2} = T_{\varepsilon 2} \varepsilon_2^{\frac{K-1}{K \eta_{\text{пол}}}}, \quad (2.21)$$

$$T_{H2} = T_{\varepsilon_2} \varepsilon_2^{\frac{K-1}{K \eta_{\text{пол}}}} = 309 \cdot 1,2^{\frac{1,41-1}{1,41 \cdot 0,8}} = 322 \text{ К}.$$

Бірінші және екінші сатының айдағыштары әр түрлі айналу жиілігінде де жұмыс жасай алады. Ең маңыздысы олардың жоғарғы ПӘК аумағында жұмыс істеуі.

Тізбекті жұмыс істейтін айдағыштардың келтірілген ПӘК-і:

$$\eta_{\text{пол}} = \frac{\ln(\varepsilon_1 \varepsilon_2)}{\ln\left(\frac{1}{\varepsilon_1^{\eta_{\text{пол}1}} \varepsilon_2^{\eta_{\text{пол}2}}}\right)}, \quad (2.22)$$

$$\eta_{\text{пол}} = \frac{\ln(\varepsilon_1 \varepsilon_2)}{\ln\left(\frac{1}{\varepsilon_1^{\eta_{\text{пол}1}} \varepsilon_2^{\eta_{\text{пол}2}}}\right)} = \frac{\ln(1,23 \times 1,2)}{\ln\left(1,23^{0,83} \cdot 1,2^{0,8}\right)} = 0,83.$$

Политроптық ПӘК – 0,83 –ке тең.

2.3 Газ айдағыш агрегатының техникалық параметрлерін анықтау

К-500-61-1 айдағышы бар СТД-3150-23УХЛ4 электрқозғалтқышымен жабдықталған компрессорлық агрегат келесі жұмыс режимдеріндегі техникалық күйін анықтау: айдағышқа кірердегі қысым $P_1=4,4$ МПа, температура $t_{r1}=19,9^\circ\text{C}$, айдағыштан шығардағы қысым $P=5,0$ МПа; газ температурасы $t_{r2}=35,7^\circ\text{C}$, білігінің айналу жиілігі $n=4800$ айн/мин. Табиғи газдағы құрамы $r_{\text{мет}}=0,97$.

1) Айдағыш бойынша потенциалды мәндерді анықтаймыз:

$$(Pv)_{CH_4} = (0,017 P + 0,555) t - 2,73 P + 139,4 \quad (2.23)$$

$$(Pv)_{1CH_4} = (0,017 \times 4,4 + 0,555) 19,9 - 2,73 \times 4,4 + 139,4 = 139,9 \text{ кДж/кг} \cdot \text{МПа},$$

$$(Pv)_{2CH_4} = (0,017 \times 5,5 + 0,555) 35,7 - 2,73 \times 5,5 + 139,4 = 147,55 \text{ кДж/кг} \cdot \text{МПа},$$

$$Pv = (Pv)_{CH_4} \times (1,49 - 0,49 r_{CH_4}), \quad (2.24)$$

$$(Pv)_1 = 139,9 \times (1,49 - 0,49 \times 0,97) = \frac{141,9 \text{ кДж}}{\text{кг}} \cdot \text{МПа},$$

$$(Pv)_2 = 147,55 \times (1,49 - 0,49 \times 0,97) = 149,7 \text{ кДж/кг} \cdot \text{МПа},$$

$$(Pv)_{\text{оп}} = 145,8 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \cdot \text{МПа}.$$

2) Айдағыш бойынша сығымдаудың потенциалды жұмысын анықтаймыз:

$$\omega_{1,2} = (Pv)_{op} \times \ln \varepsilon, \quad (2.25)$$

$$\omega_{1,2} = 145,8 \times \ln \frac{5,5}{4,4} = 25,53 \text{ кДж/кг.}$$

3) Газдың орташа температурасы мен қысымы:

$$t_{cp} = (t_1 + t_2) / 2, \quad (2.26)$$

$$t_{cp} = (t_1 + t_2) / 2 = (19,9 + 35,7) / 2 = 27,8 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$P_m = (P_1 + P_2) / 2, \quad (2.27)$$

$$P_m = (P_1 + P_2) / 2 = (4,4 + 5,5) / 2 = 4,95 \text{ МПа.}$$

4) Газдың орташа изобаралы жылусыйымдылығын анықтаймыз:

$$(C_p)_{CH_4} = (0,003 - 0,0009 P) t + 0,11 P + 2,08 \quad (2.28)$$

$$C_p = (C_p)_{CH_4} \cdot (0,37 + 0,63 r_{CH_4}), \quad (2.29)$$

$$C_{pm} = (0,37 + 0,63 \cdot 0,97) [(0,003 - 0,0009 \cdot 4,4) \cdot 27,8 + 0,11 \cdot 4,4 + 2,08] = 2,54 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К.}$$

5) $C_p D_h$ кешенінің орташа мәні келесідей анықталады:

$$C_p D_h = (C_p D_h)_{CH_4} \cdot (1,37 - 0,37 r_{CH_4}), \quad (2.30)$$

$$(C_p D_h)_m = (1,37 - 0,37 \cdot 0,97) \cdot [(0,00012 \cdot 35,7^2 - 0,135 \cdot 35,7 + 0,31) \cdot 5,8 - 0,0463 \cdot 35,7 + 11,19] = 9,4 \text{ кДж/кг} \cdot \text{МПа.}$$

6) Айдағыш бойынша газдың энтальпиясының айырмашылғы келесі қатынасты пайдаланып анықталады:

$$\Delta h = C_{pm} \times \Delta t - (C_p D_h)_{cp} \times \Delta P, \quad (2.31)$$

$$\Delta h = (2,54 \cdot 15,8) - 9,4 = 30,73 \text{ кДж/кг.}$$

7) Айдағыштың политроптық ПӘК-і:

$$\eta_{\text{пол}} = 25,53 / 30,73 = 0,83.$$

Айдағыш өнімділігін өлшеуге мүмкіндік болмағандықтан, құжаттық мәнін айдағыштың газодинамикалық сипатталмалары бойынша анықтау керек, бұл үшін сығымдау дәрежесі мен келтірілген қатыстық айналу жиілігін анықтау керек:

$$\varepsilon = P_2 / P_1 = 5,5 / 4,5 = 1,25 \quad (2.32)$$

$$\left(\frac{n}{n_0}\right)_{\text{пр}} = \frac{n}{n_0} \sqrt{\frac{Z_{\text{пр}} R_{\text{пр}} T_{\text{пр}}}{Z R_z T_n}}, \quad (2.33)$$

$$\left(\frac{n}{n_0}\right)_{\text{пр}} = \frac{n}{n_0} \sqrt{\frac{Z_{\text{пр}} R_{\text{пр}} T_{\text{пр}}}{Z R_z T_n}} = \frac{4800}{5200} \sqrt{\frac{0,895 \times 518 \times 296}{0,89 \times 510 \times 288}} \approx 0,964.$$

$\varepsilon = 1,25$ және $\bar{n}_{\text{пр}} = 0,964$ үшін анықтаймыз:

$$\eta_{\text{пол}}^{\text{пасп}} = 0,84, \quad Q_{\text{пр}} = 400 \text{ м}^3 / \text{мин.}$$

Осылайша, айдағыштың техникалық күйінің коэффициенті

$$k_{\text{н}} = \frac{\eta_{\text{пол}}}{\eta_{\text{пол}}^{\text{пасп}}} = \frac{0,8}{0,84} = 0,952.$$

Айдағыштағы жылуайырмашылғы келесідей анықталады:

$$\Delta h_{\text{н}} = 0,00981 \cdot z \cdot R (t_2 - t_1) \frac{k}{k-1}, \quad (2.34)$$

$$\frac{k}{k-1} = \frac{1}{z_1} \left(\frac{k_0}{k_0-1} + \frac{\Delta C_p}{R} - \bar{z}_1 \cdot x \cdot \frac{n_{\text{T}}}{n_{\text{T}}-1} \right) = 4,292, \quad (2.35)$$

мұнда,

$$\frac{k_0}{k_0-1} = \frac{5,15 + (5,65 + 0,017 \cdot t_{\text{ср.}}) \cdot \Delta}{1,9858} = 4,32, \quad (2.36)$$

$$\frac{\Delta C_p}{R} = \frac{6\pi}{\tau^3} \cdot (0,41 + 0,02\pi) = 0,803, \quad (2.37)$$

$$z = 1 - \left(\frac{0,41}{\tau^3} - \frac{0,061}{\tau} \right) \cdot \pi - \frac{0,04}{\tau^3} \cdot \pi^2 = 0,904, \quad (2.38)$$

$$\tau = \frac{T_1}{T_{кр}} = \frac{293,05}{190,96} = 1,535, \quad (2.39)$$

$$\pi = \frac{53}{47,34} = 1,12, \quad (2.40)$$

$$x = \frac{\pi}{\tau \cdot z} \div \left(\frac{1,23}{\tau^2} - 0,061 + \frac{0,1^2}{\tau^2} \cdot \pi \right) = 0,418, \quad (2.41)$$

$$\frac{n_T}{n_T - 1} = \frac{\lg \varepsilon}{\lg T_2 / T_1} = \frac{\lg 1,189}{\lg 308,85 / 293,05} = \frac{\lg 1,189}{\lg 1,054} = 3,29. \quad (2.42)$$

Нәтижесінде, айдағыш бойынша жылу айырмашылғы:

$$\Delta h_H = 0,00981 \cdot 0,89 \cdot 51 \cdot 15,8 \cdot 4,292 = 30,19 \text{ кДж/кг.}$$

Айдағыштағы газдың тығыздығы:

$$\rho = \frac{P_1}{ZRT}, \quad (2.43)$$

$$\rho = \frac{P_1}{ZRT} = \frac{44 \times 10^4}{0,89 \cdot 51 \cdot 288} = 37,6 \text{ кг/м}^3$$

Айдағыш бойынша газ шығыны:

$$G_H = Q_{np} \cdot \rho_H \frac{n}{n_H} \cdot \frac{1}{60}, \quad (2.44)$$

$$G_H = Q_{np} \cdot \rho_H \frac{n}{n_H} \cdot \frac{1}{60} = 400 \cdot 37,6 \cdot 0,964 \cdot \frac{1}{60} = 268 \text{ кг/с.}$$

Айдағыштың тұтынатын қуаты:

$$N_{hH} = G_H \rho, \quad (2.45)$$

$$N_{hH} = 268 \times 37,6 = 10077 \text{ кВт}$$

2.4 Айдағыштың келтірілген сипаттамасы бойынша ГАА қуатын анықтау

К-500-61-1 айдағышының келтірілген сипаттамалары бойынша келесі берлігендермен ГАА қуатын анықтау: сыртқы ауаның қысымы $P_{сыр}$ және температурасы $T_{сыр}$, $P_{сыр} = 0,1013$ МПа, $T_{сыр} = 15^\circ\text{C}$; айдағышқа кірердегі газ температурасы $T_n = 288$ К; манометр бойынша айдағышқа кірердегі газ қысымы $P_k = 4,4$ МПа; шығардағы қысым $P_u = 6$ МПа. Айдағыштың айналу жиілігі 4800 айн/мин.

1) Газдың ауа бойынша қатыстық тығыздығын анықтаймыз:

$$\Delta = \frac{\rho_z}{\rho_a} \quad (2.46)$$

мұнда ρ_Γ - қалыпты жағдайдағы газдың тығыздығы ($t = 20^\circ\text{C}$); пайдалану жағдайында диспетчерлі қызмет арқылы анықталады, $\rho_\Gamma = 0,72$ Дж/(кг · К);

ρ_a - қалыпты жағдайдағы ауаның тығыздығы; ауа үшін $\rho_B = 1,206$ кг/м³.

$$\Delta = \frac{\rho_z}{\rho_a} = \frac{0,72}{1,206} = 0,563.$$

2) Айдағыштағы сығымдау дәрежесін анықтаймыз:

$$\varepsilon = \frac{P_u}{P_k}, \quad (2.47)$$

$$\varepsilon = \frac{P_u}{P_k} = \frac{5 \cdot 10^6}{4,4 \cdot 10^6} = 1,25.$$

3) Ауа үшін белгілі газды тұрақтысы бойынша $R_a = 287,1$ Дж/(кг · К) және Δ өлшеміне байланысты табиғи газдың меншікті газ тұрақтысын анықтаймыз:

$$R_z = \frac{R_a}{\Delta}, \quad (2.48)$$

$$R_z = \frac{R_a}{\Delta} = \frac{287,1}{0,563} = 510 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}.$$

Айдағыштың қатыстық айналу жиілігін анықтаймыз:

$$\left(\frac{n}{n_0} \right)_{np} = \frac{n}{n_0} \sqrt{\frac{Z_{np} R_{нпр} T_{np}}{Z R_z T_n}}. \quad (2.49)$$

мұнда n - айдағыш роторының жұмыстық (фактілі) айналу жиілігі, айн/мин;

n_0 - айдағыш роторының номинал айналу жиілігі (құжат бойынша) $n_0 = 4800$ айн/мин;

T_H, T_{HP} - сәйкесінше, газдың айдағышқа кірердегі факті және келтірілген температурасы;

R_Γ, R_{HP} - сәйкесінше факті және келтірілген меншікті газды тұрақтылар;

Z, Z_{HP} - газдың сығымдалуының факті ($z = 0,88$) және келтірілген ($Z_{HP} = 0,893$) коэффициенттері.

$$\left(\frac{n}{n_0}\right)_{np} = \frac{n}{n_0} \sqrt{\frac{Z_{np} R_{np} T_{np}}{Z R_z T_H}} = \frac{4800}{5200} \sqrt{\frac{0.895 \cdot 518 \cdot 296}{0.89 \cdot 510 \cdot 288}} \approx 1.$$

4) Келтірілген сипаттама және сығымдалу дәрежесі қисығы мен қатыстық келтірілген айналымның қисығының қиылысу нүктелері бойынша келтірілген берілісті Q_{HP} , айдағыштың политропты ПӘК-н және айдағыштың келтірілген ішкі қуатын анықтаймыз.

$$Q_{np} = 400 \text{ м}^3/\text{мин}; \eta_{пол} = 0,85; \left(\frac{N_I}{\rho}\right)_{np} = 230 \text{ кВт}/(\text{кг} \cdot \text{м}^3).$$

5) Айдағыш бойынша факті көлемдік берілісті анықтаймыз:

$$Q_H = \frac{n}{n_0} Q_{np}, \quad (2.50)$$

$$Q_H = \frac{n}{n_0} Q_{np} = \frac{4800}{5200} \times 400 = 370 \text{ м}^3/\text{мин}.$$

6) Газдың жағдайының деңгейі бойынша айдағышқа кірердегі газдың тығыздығын анықтаймыз:

$$\rho_H = \frac{P_H}{Z T_H R}, \quad (2.51)$$

$$\rho_H = \frac{P_H \times 10^4}{Z T_H R} = \frac{4.4 \cdot 10^6}{0.89 \cdot 510 \cdot 288} \approx 34 \text{ кг}/\text{м}^3.$$

7) Айдағыштың тұтынатын келтірілген ішкі қуатын анықтаймыз:

$$N_{HP} = \rho_H \left(\frac{N_I}{\rho_a}\right)_{np} \left(\frac{n}{n_0}\right)^3, \quad (2.52)$$

$$N_{\text{ПП}} = \rho_n \left(\frac{N_I}{\rho_a} \right)_{\text{пр}} \left(\frac{n}{n_0} \right)^3 = 34 \cdot 230 \cdot \left(\frac{4800}{5200} \right)^3 = 6150 \text{ кВт}.$$

8) Айдағыштың келтірілген сипаттамасы бойынша жұмыс зонасының помпаж зонасынан алыстығын анықтаймыз ($Q_{\text{min}} = 250 \text{ м}^3/\text{мин}$) :

$$\frac{Q}{Q_{\text{MIN}}} = \frac{400}{250} = 1.6.$$

Яғни, помпаж аумағынан қор 60%-ды құрайды.

2.5 Жұмыстық дөңгелекті есептеу

Сығымдағыштың негізгі параметрлерді есептеуінің қорытындыларына сәйкес сығымдағыштың сатыларын саны 3-ке тең. Өзгеріссіз қалдырған алдыңғы есептеуде таңдалған істің жұмысшы доңғалақтарының геометриялық параметрлерін таңдап алынады.

Бірінші критикалық айналу бойынша қорларды 40% ,жұмыстық санды $n = 0,6 \cdot n_{\text{кр1}}$. деп аламыз.

$$n_{\text{кр1}} = n_{\text{ай}} / 0,6 = 5300 / 0,6 = 8833,3 \text{ мин}^{-1}$$

2 Кесте -Анықталған параметрлер

| № п/п | Анықталған параметрлер | Өлшем бірлігі | № сатылары | |
|----------|------------------------|---------------|------------|-------|
| | | | 1 | 2 |
| 1 | 2 | 3 | 5 | 6 |
| 1 | $B_{л2}$ | | 45 | 45 |
| 2 | φ_2 | - | 0,244 | 0,244 |
| 3 | Z_2 | шт. | 20 | 20 |
| 4 | D_2 | м | 0,822 | 0,822 |
| 5 | U_2 | м/с | 228,2 | 228,2 |
| 6 | $n_{\text{кр1}}$ | айн/мин | 8833,3 | |

Компрессордың жұмыстық доңғалағының негізгі газдинамикалық есептеулерінің параметрлері:

$d_b - \zeta$ тірек диаметрінің белгіленген өлшеміне бағытталуын есептеу;

$k_d - \zeta$ 0,019-0,027, бірақ та $k_d - \zeta$ коэффициентінің мағынасы соңғы тығыздау жүйесіне ие газды компрессор;

$D_{2CP} - \zeta$ тіректегі жұмыс доңғалағының орташа диаметрі, м;

$n_{\text{кр}} - \zeta$ ротордың критикалық айналуының бірінші саны, айн/мин;

$D_{bm} - \zeta$ төлке диаметрі.

$$d_b = k_d \cdot (X + 2,3) \cdot D_{2CP} \cdot \sqrt{\frac{n_{\text{кр}}}{1000}}, \quad (2.53)$$

$$d_b = 0,02 \cdot (2+2,3) \cdot 0,822 \cdot \sqrt{\frac{8833,3}{1000}} = 0,210 \text{ м.}$$

2.5.1 Сатылардың бірінші тобының тегеуріні: Компрессордағы политропиялық тегеурін:

$$H_{пол} = a \cdot R \cdot A \cdot t_K / g, \quad (2.54)$$

$$H_{пол} = 4,44 \cdot 240,28 \cdot 109,76 / 9,8 = 11938,43 \text{ м.} \quad (2.55)$$

Кіру мен шығу кезіндегі жылдамдықтар әртүрлі болғандықтан түзетулер енгізіп, мына жылдамдықтағы политропиялық тегеурінді аламыз:

$$H_{пол} = H_{пол.} + (C_{вых.4} - C_{вых.1}) / 2 \cdot g, \quad (2.56)$$

$$H_{пол.} = 11938,43 + (40^2 - 61^2) / 2 \cdot 9,8 = 11830,21 \text{ м.} \quad (2.57)$$

Есептеулерге политропиялық тегеурінді $H_{пол} = 120000$ м деп аламыз.

2.5.2 Шеңберлік жылдамдық пен саты саны анықтау. Барлық сатылардың сыртқы диаметрін ескере отырып шеңберлі жылдамдықты $v_2 = 251,5$ м/с деп таңдаймыз. Сонымен қатар, жұмыстық дөңгелектен шығу кезіндегі газдың шеңберлі жылдамдығына радиалды құрастырушының қатынасы $c_{22} l_{ц} = 0,30$ -ға тең. Мұндағы c_{22} - жұмыстық дөңгелектен шығу кезіндегі газ жылдамдығының абсолютті радиал құраушысы, v_2 - жұмыстық дөңгелектен шығу кезіндегі газдың шеңберлі жылдамдығы. Жұмыстық дөңгелектен шығу кезіндегі қалақшаның иілу бұрышы $\beta_{Г2} = 45^\circ$.

Циркуляция коэффициентін табамыз.

$$K_z = 1 - (n/z_2) \cdot \sin \alpha_2, \quad (2.58)$$

$$K_z = 1 - (3,14/17) \cdot \sin 45 = 0,87 \quad (2.59)$$

Жұмсалған жұмыстың коэффициентін табамыз

$$p_2 = K_z - (c_{r2}/u_2) \cdot \operatorname{ctg} \varphi_3, \quad (2.60)$$

$$p_2 = 0,87 - 0,30 \cdot \operatorname{ctg} 45 = 0,57. \quad (2.61)$$

Тегеурінді ПӘК:

$$\eta = (0,75 + 0,85) = 0,85. \quad (2.62)$$

Тегеурінді коэффициентті мын формуламен анықтаймыз:

$$X = 0,85 \cdot 0,57/9,8 = 0,049. \quad (2.63)$$

Саты саны i :

$$i = H \cdot X / (z \cdot u^2), \quad (2.64)$$

$$i = 11974,14 / (0,049 \cdot 251,52 \cdot 2) = 3,09. \quad (2.65)$$

Саты санын $i = 3$ деп қабылдаймыз. $H_{\text{пач}} = 9000$ м тегеурінін келесідей бөлеміз:

Бірінші саты тегеуріні $H_{\text{пачI}} = 3000$ м;

Екінші саты тегеуріні $H_{\text{пачII}} = 3000$ м;

Үшінші саты тегеуріні $H_{\text{пачIII}} = 3000$ м.

Бірінші саты дөңгелегінің өлшемін шамалап табамыз. Ол үшін:

$$b_2/D_2 = (0,01 - f_{0,10}) = 0,028, \quad (2.66)$$

мұндағы b_2 - шығу кезіндегі жұмыстық дөңгелек қалақшасының ені, м;

D_2 - жұмыстық дөңгелектің сыртқы диаметрі, м.

Жұмыстық сақинаның көлемдік сығу коэффициенті:

$$k_{U2} = V_{BX} / V_2 = 1,1, \quad (2.67)$$

мұндағы V_{BX} - жұмыстық дөңгелекке кіру кезіндегі салыстырмалы көлем;

V_2 - жұмыстық дөңгелектен шығу кезіндегі салыстырмалы көлем.

Онда айналу жылдамдығын мына формуламен анықтаймыз:

$$n = 33,9 \cdot [(m_2 \cdot k_{u2} \cdot (b_2/D_2) \cdot (c_{r2}/u_2) \cdot u) / V_{ex}], \quad (2.68)$$

$$n = 33,9 \cdot [(0,94 \cdot 1,1 \cdot 0,028 \cdot 0,30 \cdot 251,5^3) / 0,86] (1/2) = 13530$$

Жұмыстық дөңгелектің сыртқы диаметрі:

$$D_2 = 60 \cdot u_2 / (\pi \cdot n), \quad (2.69)$$

$$D_2 = 60 \cdot 251,5 / 3,14 \cdot 13530 = 0,355 \text{ м.}$$

2.5.3 Сатылардың қатарын есептеу. Біліктің айналу жылдамдығы $n = 13530$ айн/мин.

Ротордың айналу жылдамдығы

$$n_{кр} = 0,35 \cdot n. \quad (2.70)$$

$$n_{кр} = 0,35 \cdot 13530 = 4735 \text{ айн/мин.}$$

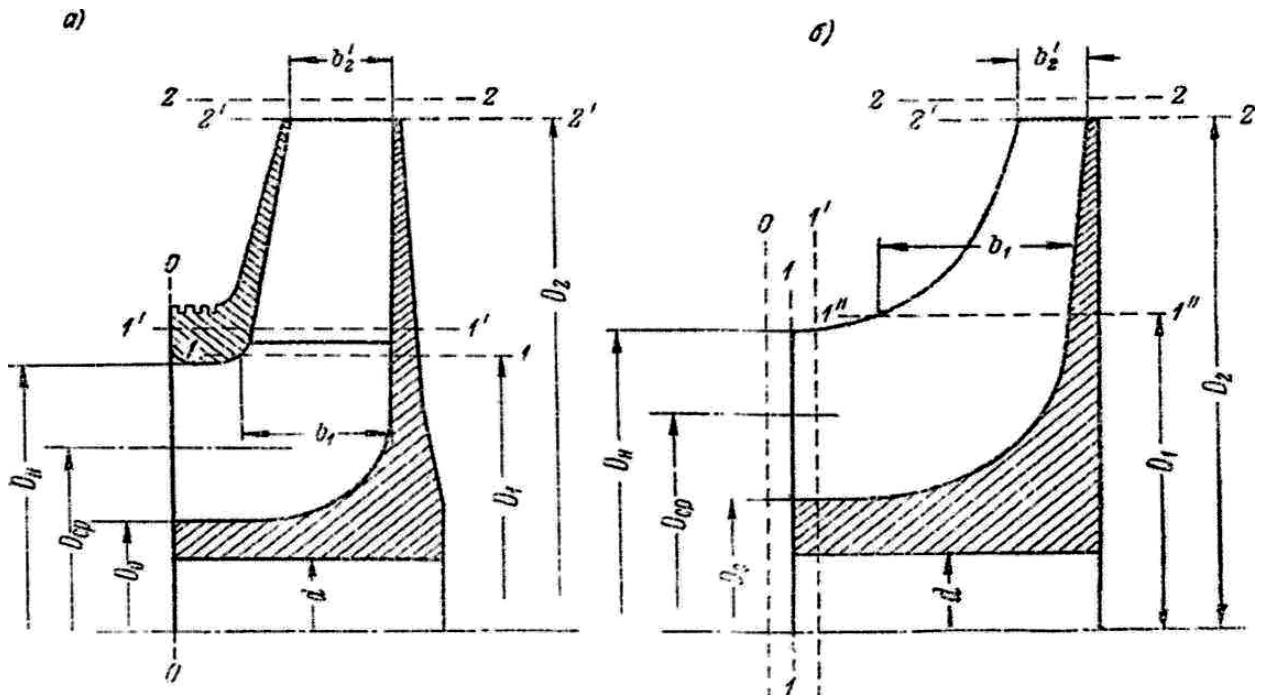
Біліктің диаметрін табамыз.

$$d = k_d \cdot (i + 2,3) \cdot (n_{кр} \cdot D^3_2) / j, \quad (2.71)$$

мұндағы $k = (0,02-0,022)$ өлшемсіз коэффициент.

$$d = 0,021 \cdot (4+2,3) \cdot (4735 \cdot 0,355^3 \cdot 4000) / (1/2) = 0,060 \text{ м}$$

2.5.4 Бірінші сатыны есептеу



2.3 Сурет - Жұмыстық дөңгелек.

Бірінші сатыға кіру кезіндегі газ температурасы $T_{ex1} = 306,8 \text{ К}$. Бірінші сатыда сығу кезіндегі газ температурасын анықтаймыз.

Бірінші сатыға кіру кезіндегі қысым айырмашылығы:

$$p_{1-4} = P_{вых.3} - P_{ex.1}, \quad (2.2.2.1)$$

$$p_{1-4} = 2\,598\,940,24 - 668\,359,47 = 1\,930\,580,77 \text{ Па}$$

Жұмыстық дөңгелектің сору тесігінің диаметрін анықтаймыз.

$$D_H = (4 \cdot V_{ex} / (\alpha \cdot k_{uo} \cdot c_{exA}) + t_{f0,r}) / 2, \quad (2.2.2.2)$$

$$D_H = (4 \cdot 0,86 / (3,14 \cdot 0,998 \cdot 61) + 0,15) / 2 = 0,201 \text{ м.}$$

Қалған сатыларды жоғарыда келтірілген жолмен есептеуге болады.

3 Эксплуатациялау бөлімі

Компрессорлық қондырғының құрылысы, ондағы барлық машиналар, механизмдер, аппаратуралар, ыдыстар мен құбырөткізгіштер, бақылау мен қадағалау талаптарын қанағаттандыруы керек.

Егер аралық бөлмелерде жарылғыш, өртке қауіпті және жабдықтардың коррозиясын турдыратын және адам ағзасына зиян келтіретін химиялық өндірістері болса, компрессорлы станцияның қосымша құрылым немесе өндірістік ғимараттың ішінде салынуы жіберілмейді.

Компрессорлы қондырғылардың бөлмелерінде компрессорлармен технологиялық және құрылымдық түрде байланысы жоқ аппаратуралар мен жабдықтарды орнатуға жол берілмейді.

Компрессорлы станцияның биіктігі 4 м кем болмауы керек. Бөлменің жалпы өлшемдері компрессорлы қондырғыға және оның жеке түйіндеріне қауіпсіз қызмет көрсету және жөндеу шарттарын қанағаттандыруы керек.

Өнімділігі 20 м³/мин жоғары барлық компрессорлар және олардың қозғалтқыштары өндірістен жеке орнатылған бір қабатты, өртке төзімді ғимараттарда отқа төзімді немесе қиын жанатын аралық бөлгіштермен бөлініп орналасуы тиіс.

Машина залындағы өтулер айдағыш пен қозғалтқышқа қызмет көрсету мүмкіндігін қамтамасыз ету керек. 1,5 м кем емес, жабдық пен ғимарат қабырғасы арасындағы ара қашықтық (олардың шығыңқы бөліктері үшін) 1 м кем болмауы керек.

Компрессорлы қондырғының бөлмелерінің едендері тайғанамайтын бетті, майға төзімді, тегіс болуы керек және жанбайтын, ұзаққа төзімді материалдан жасаулы керек. Араналар мен өтулер алынатын тақташалармен еден бетінен шығарылмай жабылуы керек. Жабылмайтын өтулер, еңістіктер биіктігі 1 м кем болмайтын тұтқалармен шектелуі керек.

Қабырғалар, төбе және технологиялық жабдықтар «Кәсіпшілік кәсіпорындардың өндірістік ғимараттарының интерьерінің түстік жасалуын жобалау бойынша Нұсқамаларына», ал құбырөткізгіштер – МЕСТ 14202-69 «Кәсіпшілік мекемелерінің құбырөткізгіштері. Айқындаушы сырлау, ескерту белгілері және маркалау тақташаларына» сәйкес сырлануы керек.

Компрессорлы қондырғының есіктері мен терезелері сыртқа қарай ашылуы керек. Кіру есігінің сыртында қызмет көрсету қызметкерелрін шақыру үшін арналған дабыл және «Бөгде адамдарға кіруге болмайды» деген плакат боулы керек.

Компрессорлы қондырғының бөлмесінде компрессорды, қосымша жабдықтарды және электрожабдықтарды жөндеуге арналған алаң болуы керек.

Жөндеу жұмыстарын жасау үшін бөлме сәйкес жүккөтергіш құрылғылары мен механизация жүйелерімен жабдықталуы керек.

Компрессорлы қондырғылардың бөлмесінде сүрту материалдарын, құралдарды, төсемелерді және т.б., жабық күйінде сақтауға, сонымен қатар компрессорлы майдың апталық қорын сақтауға арналған арнайы орындар қарастырылуы керек.

Компрессорлы станцияның бөлмелері табиғи және қолдан жасалған желдету жүйелерімен желдетілуі тиіс. Бұл «Кәсіпшілік мекемелерді жобалаудың санитарлы нормалары» талаптарына сәйкес ауалық ортаның жағдайын қамтамасыз етуі тиіс.

Керосин, бензин және басқа да тезтұтанғыш сұйықтықтарды компрессорлы станцияның машина залында сақтауға болмайды.

Компрессорлы станцияның бөлмесінде ашық отты жағуға болмайды.

Компрессорлы станциядағы бөлмелерді жылыту орталықтандырылған, ал оның температурасы 15-30°C аралығында ұсталып тұруы қажет.

Компрессорлы станцияның машина залында сағат пен телефон орнатылуы қажет, сонымен қатар онда тағы алғашқы медициналық көмек көрсетуге арналған дәрі-дәрмек қорабы мен ішуге арналған су болуы керек.

3.1 Мойынтіректерінің дұрыс жұмыс істемеуінің негізгі себептері

1) Жергілікті сыдырылу, төлкелердегі баббитті құйманың қабыршақтануы, мойынтіректердің жоғары температурасы:

- Білік мойынының баббитті құймаға толық жанаспауы;

- Алдыңғы жөндеу кезінде баббиттің қызып кетуі;

- Тіреу вкладышы үшін гильза мен мойынтіректер картерінің арасындағы қуыс үшін майлаудың жеткіліксіздігі;

- Білік мойындарының эллипстілігі, дөңестенуі (нәтижесінде – қатты діріл);

- Баббиттің сыдырылуы және қабыршақтануы болатын жерлерде тартылуыдың болмауы (төлке мен вкладыш арасындағы қуыс), жөндеу кезінде төлкелі вкладыштарды төлкесіздерге (арнайы жасалған) ауыстыру ұсынылады, бұл тіреу вкладыштарының жұмысының сенімділігін арттырады.

2) Жұмыс колодкаларына қарай осьтік ығысу, колодка температурасының және осьтік ығысу релесіндегі май қысымының лезде жоғарылауы:

- Айдағыш бойынша құлаудың лезде өсуі;

- Тіреу колодкаларын сапасыз орнату (қалыңдық айырмашылығы 0,02 мм жоғары, дискке жанасатын колодка ауданының 70%-дан кем болуы)
- Майлау майымен бірге механикалық қоспалардың үлкен көлемінің енуі;
- Тіреу дискісінің жұмыс бетінің жағдайының нашарлығы;
- Дисктің 0,015 мм жоғары жарылуы (нәтижесінде – осьтік діріл);
- Біліктің тіреу мойынтірегіне қатысты ауытқуы;
- Сегменттердің қалыңдығының айырмашылығы 0,02 мм асуы;
- Ротордың көлбеулігінің жоғарылығы

3) Орнату колодкаларына қарай осьтік ығысу, колодкалардың температурасының лезде өсуі:

- Ротордың жұмыс колодкаларынан орнату колодкаларына лезде ауысуы (помпаж);

- Гильза мен мойынтіректер арасындағы қуыстың болуынан майлаудың жеткіліксіздігі.

Сондықтан, біздің конструкция үшін өздігінен қондырылатын қондырғылары бар мойынтіректерді таңдаймыз.

Техникалық пен еңбек қорғау талаптары атмосфераға табиғи газдың нөлдік пайыздағы лақтырылуын болжайды, сондықтан біліктің 100%-дың нығыздалуын қамтамасыз ету қажет. Нығыздағыш ретінде, өнімнің сыртқы төгілуін тоқтататын нығыздағыштар ретінде екеулік механикалық нығыздағыштар таңдалды, оның конструкциялық ерекшелігі-аралық сұйық айналымда болатын екі үйкелу жұбының болуы.

3.2 Компрессорды қорғау жүйесі және диагностикалау әдістері

Компрессорды қорғау жүйесіне компрессорды мүмкін апаттар мен бұзылулардан автоматты түрде қорғауды іске асыратын жүйелер мен шаралар комплексі кіреді.

Ғылым мен техниканың заманауы жетістіктері қондырғының жұмыстық жағдайда тұрған күйінде оны шашпай-ақ, қандай күйде екенін дәл анықтауға мүмкіндік береді.

Диагностиканың дәлірек әдістерінің бірі – діріл мониторинг жүйесі болып табылады. Автотербелістер режимін өзгерту бойынша компрессордың жағдайының өзгеруі жайлы айтуға болады, мысалы: бірінші айналымдық жылдамдық жиілігіндегі дірілдің ұлғаюы дисбаланстың ұлғаюын білдіреді, екінші айналымдық жылдамдық жиілігіндегі жоғары діріл деңгейі мкомпрессор білігінің редуктор білігімен орталықтандыруы жалпы куәлік етеді. Яғни, диапазон, автотұрақсыздық болатын, өзінің себептеріне байланысты.

Қондырғы жұмысының орындалуы мүмкін болатын автотербелістердің мүмкін нормалары бар. Егер автотербелістер мүмкін мәннен асып кетсе, онда қондырғыны тоқтату қажет, болмаса ол мүлдем бұзылуы мүмкін.

Дірілдің жоғары деңгейі екі фактор нәтижесі болуы мүмкін, біріншісі-технологиялық фактор, яғни бұл жағдайда компрессор белгілі бір себептермен

сенімсіз жұмысқа - помпажға кіреді. Бұл кезде күрекшелерден ағынның құлауы байқалып, діріл артады. Екіншісі - механикалық фактор, мұнда кез-келген бір түйіндегі ақаудан діріл артады.

Біріншідегідей, екінші жағдайда да автотербелістер деңгейінің мүмкін шекте болуын қадағалау қажет.

Бұл үшін жобаланып жатқан компрессордың мойынтіректердің үстіне діріл көрсеткіштерін орнатамыз, яғни проксиметрларды немесе оларды ығысу көрсеткіштері деп те атайды, әр мойынтірекке екі көрсеткіштен радиалды жатқан 45° бұрышпен, және де екі мойынтірек (радиалдытіректі) аксиалды бағытта. Көрсеткіштерді қайталау қажет, олардың біреуінің ақауға байланысты істемей қалған жағдайында компрессордың жалған тоқтап қалуынан сақтау ретінде.

Көрсеткіштердің жұмыс істеу принципі магнитті индукция әсеріне негізделген, мұнда магнитті индукция әсеріне негізделген, мұнда магнитті өрістің өзгеруіне байланысты өткізгіштік те өзгереді. Көрсеткіш компрессор білігінен жақын ара-қашықтықта орналастырылады, көрсеткішке белгіленген кернеу беріледі де, нәтижесінде көрсеткіш өзінің айналасында магниттік өрісті пайда қылады, егер білік өзінің орналасуын өзгертетін болса, ол осы магнит өрісіне әсер етеді, сонымен көрсеткіштің шығыс кернеуін өзгерте отырып, ары қарай шығыс кернеуі ұлғаяды және басқару бақылаушысына электр сигналы ретінде беріледі.

Басқару бақылаушысын келесідегі түрде программалап қоямыз, яғни компрессордың тоқтау сигналы-бір мойынтіректен бір уақытта екі көрсеткіштен де автотербелістердің жоғары дәрежесінің сигналы келу кезінде.

Жоғарыда айтылып кеткенге қоса, компрессорға помпаждан сақтау жүйесін орнатамыз, ал компрессордың жұмысын керу және шығу құбыр жолдарында байпасты сызықта клапандардың ашылу және жабылуы арқылы жұмысты реттеп отырады.

Берілген жүйенің негізгі мүшесі - помпажға қарсы бақылаушы, оған барлық технологиялық көрсеткіштер шығарылып отырады - температура, қысым және компрессордан шығатын және кіретін жерге өнімнің шығыны. Барлық берілгендердің анализінен соң бақылаушы клапандарға реттеу сигналдарын жібереді, нәтижесінде компрессордың помпажды аймаққа кіруін ескереді.

Тәжірибе көрсеткендей, бұл екі жүйенің-дірілден қорғау жүйесі және помпаждан сақтау жүйесі компрессорды қорғауға жеткілікті болып табылады.

Қондырғының жағдайын диагностикалау кезінде мойынтіректерді майлаушы май жағдайына да назар аудару қажет. Бұл үшін жиі, күніне бір рет майды анализға алып тұру қажет. Анализ нәтижелері бойынша майды ауыстыру мақсаттылығы жайлы нәтиже жасалады.

3.3 Компрессорларды орналастыру және қондыру

Компрессор және оның қозғалтқышы ғимараттың қабырғаларымен байланыспаған фундаментте орнатылуы тиіс.

Компрессор жұмысынан туатын дірілдің әсерін азайту үшін келесі шарттар сақталуы тиіс:

- Компрессорлар фундаменттері арасындағы алаңшалар жиналмалы (алынбалы), фундаментке еркін тірелетін болуы керек;

- Компрессорға жалғанатын құбырөткізгіштер ғимарат құрылымымен берік байланыспауы керек; қажет болғанда мұндай бекітпелердің қолданылуын компенсациялайтын құрылғылар қарастырылуы керек;

- Компрессордың цилиндріне жалғанатын құбырлар (буферлі сыйымдылық, аралық және соңғы тоңазытқыштар) деформацияны қамтамасыз ететін жеткілікті иілгіш болуы керек.

Компрессордың, турбинаның және басқа да механизмдердің барлық қозғалмалы және айналмалы бөліктері сенімді түрде бөлектенген болуы тиіс.

Компрессордың еденнен ыңғайлы қызмет көрсетуге бомлайтын биік орналасқан бөліктері болса, олар арнайы алаңшалар мен сатылармен жабдықталуы тиіс.

4 Еңбекті қорғау және тіршілік қауіпсіздігі

4.1 Еңбекті қорғау заңдары

Еңбекті қорғау туралы заңдар – Қазақстан Республикасының Еңбекті қорғау Заңы және басқа да Заңдар мен еңбек қауіпсіздігі және гигиенасы, орта жөніндегі нормативтік актілерден тұрады.

Еңбекті қорғау заңының 2 – ші бабы бойынша кәсіпорын әкімшілігі тиісті нормативтік актілермен белгіленген тәртіппен барлық қызметкерлердің жұмыскерлердің еңбекті қорғау мәселелері жөніндегі оқуын ұйымдастыруға нұсқау беруге және білімін тексеруге, қайта аттестациялауға міндетті.

Кәсіпорындардағы әрбір жұмыс орнындағы еңбек жағдайлары – еңбекті қорғау жөніндегі стандарттардың, ережелер мен нормалардың талаптарына сай болуға тиіс.

Қазақстан Республикасының Еңбекті қорғау Заңы бойынша жұмысшылардың денсаулығы мен қауіпсіздігін сақтау туралы баптар көрсетілген:

- Өндірісте жұмыс жасайтын тұлғалардың еңбегін қорғау, еңбек жағдайындағы жалақыларын төлеу және жұмыстан шығару;
- Әрбір тұлға талаптарға сай еңбек жағдайына құқығы бар;
- Әрбір жұмысшы демалуға құқығы бар;
- Қазақстан Республикасының әрбір тұлғасы мемлекеттік құқық қорғау жүйесінде медициналық көмек алуға құқығы бар.

4.2 Өндірістік қауіпті және зиянды факторларды талдау

СНЖЕ 01.04.042 – 08 жобасында және басқа да нормативтік актілердің негізінде еңбек үрдісінде адамның қауіпсіздігін, денсаулығы мен жұмыс қабілетін сақтауды қамтамасыз ететін әлеуметтік – экономикалық ұйымдастыру, техникалық, гигиеналық және емдеу алдын алу шаралары ұйымдастырылған.

Кеніштерде көп кездесетін зиянды факторлар төмендегілер: денсаулыққа жағымсыз метеорологиялық жағдайлар, улы және тұншықтырғыш газдар, өндірістік шаңдар, жеткіліксіз жарықталыну, өндірістік шу мен діріл, радиактивтік бөліністер, сапасыз ішімдік су және тағы басқалар.

Қызметкерлердің денсаулығына зиянды өндірістік факторлардың әсерін анықтау және кәсіби аурулардың алдын алу мақсатында уақтылы медициналық қараулар өткізіледі. Жұмыс орындарын зертханалық зерттеу нәтижелерімен қоса медициналық қараулардың мәліметтеріне зиянды өндірістік факторлар әсерін азайту жөніндегі шараларды әзірлеумен талдау жасалады.

Өнеркәсіптік апаттардың өріс алуының алдын алу және зиянды заттардың шығарылуын жайылтпау үшін:

- МГҚ(магистралды газ құбырлары) объектілерінде апаттарды жою жоспарлары әзірленіп, уақтылы жаңаланып отырады;

- Табиғи және жасанды тосқауылдардан өтпе жолдардағы, компрессорлық станциялар мен елді мекендер маңындағы МГҚ беріктіктің апаттық қорымен комплектіленген;

- Компрессорлық және газ таратушы станциялардың, шығарған тораптарының айналасына қоршау салу және топырақ үю жұмыстары жүргізілуде;

- Компрессорлық цехтар және басқа да жарылғыш қауіпті ғимараттарда шынылану алаңы ұлғайтылған;

- Компрессорлық және газ таратушы станциялардың, шығыран тораптарының айналасына қоршау салу және топырақ үю жұмыстары жүргізілуде

- МГҚ трассаларын жүйелі патрульдеу ұйымдастырылған;

- МГҚ объектілерін ведомстводан тыс және өртке қарсы қорғау жүзеге асырылуда;

Электрқондырғыларды эксплуатациялау кезіндегі негізгі қорғаныс шараларына:

- төмен кернеулі тоқтарды, кішкене көлемді тұрақты тоқтарды, жоғары жиіліктерді пайдалану;

- жұмысшыларға электр жабдықтарды қауіпсіз эксплуатациялау дағдысын әдеттендіру;

- изоляцияның бұзылуының алдын алу және бақылау;

- жерге қосу және зануление қорғанысын пайдалану;

- қорғаныс және сақтандыру құрылғыларын пайдалану;

Объектегі жасақтар оларды жөндеп, күту жұмыстары қауіпсіз болатындай орналасуы тиіс.

Бөлек механизмдер және ғимараттың қабырғасының арасындағы ара – қашықтық 1 м – ден, жұмыс өту жолдарының ені 0,75 м – ден кем болмауы керек. Жұмыс өту жолдары деп жұмысшылар жүру үшін арналған кеңістікті атайды.

4.3 Техника қауіпсіздігінің негіздері

Машинисттің жұмыс орнында алдымен жұмыс жағдайларының қауіпсіздігі қамтамасыз етілу керек: сорапты агрегаттар арасындағы ара

қашықтық сораптар жұмысын бақылауға және оларға қызмет етуге мүмкіндік беру керек; баспалдақтар және траптар ыңғайлы, жарықтандыру жақсы, вентиляция және отопление жеткілікті болу керек.

Машинист келесі ережелерді сақтау міндетті:

- 1) жұмыс орнында арнайы киімде болу керек;
- 2) жұмыс орнында резеңке қолғаптар, көзәйнектер, анықталған маркалы және типті газданқорғағыш болу керек;
- 3) айналатын және қозғалатын бөлшектер қоршалуын бақылау керек;
- 4) сорап жұмысы кезінде болттарды және шпилькаларды тартпау керек және сальниктерді және клапандарды ауыстырмау керек;
- 5) оңай жанғыш және улы заттардың ағуын болдырмау керек;
- 6) сұрту материалдарын арнайы жабық металл қораптарында сақтау керек;
- 7) іске қосу электроаппаратураның қасында әрдайым резеңке кілем болу керек; тасымалданбалы жарықтандыру ретінде кернеуі 12 В болатын тасымалданбалы шамды қолдану қажет; жарылу және өрт қауіпсіздігі бар бөлмелерде тек қана орындалуындағы жарылуға қауіпсіз шам қолдану керек;
- 8) өрт сөндіру құрылғыларының орналасу орнын және оларды қолдану білу керек;
- 9) электроқондырғылардың қауіпсіз эксплуатация ережелерін, электроқозғалтқыштың іске қосу және тоқтату ретін, электрлік токпен ұрынудан сақтану әдістерін және зардап шеккенге бірінші көмекті көрсетуді білу керек.

Қауіпсіздік техникасы

- 1) Газтурбиналы қондырғыны жөндеу жұмыстарына, атқарылатын жұмыс көлемінде білім мен қауіпсіздік техникасы ережелерін тексеруден өткен және оқытылған жұмыс цехтары жіберіледі.
- 2) Бригада бастығы өзі мен бригада мүшелерінің қауіпсіздік техникасының ережелерін сақтауға толық жауап береді.
- 3) Жөндеуге шығару жабдықты кәсіпорында жөндеуді аұйымдастыру және атқару нұсқамасына сәйкес жүзеге асырылады.
- 4) Бригада бастығы бригада мүшелерімен бірге жұмыс басталмас бұрын жұмыс орнында міндетті нұсқауда алулары тиіс:
 - Цехта жұмыс істеген кездегі қауіпсіздік техникасының арнайы талаптары;
 - Цехтың технологиясында қолданылатын газдың құрамы, алғашқы көмекті көрсету ережелері;
 - Жеке қорғаныс құралдарын қолдану ережелерінің болуы;
 - Жұмысты атқару үшін орын мен оның шекаралары.
- 5) Салмағы алпыс киллограммнан асатын газтурбиналы қондырғының түйіндерімен жұмыс істеу көтеру құралдарын қолданумен атқарылуы тиіс;
- 6) Отпен жұмыс істеу тек «От жұмыстарын атқаруға рұқсат» негізінде жасала алады.

7) Жұмыстардың басшысы қауіпсіздік техникасы ережелерінің бұзылуы кезінде жұмысты тоқтатуы қажет.

8) Тасымалданатын жарықты қолданған кезде жарылыстан сақтандырылып жасалған он екі вольттан аспайтын кернеумен жұмыс істеуге болады;

9) ЖКМ-мен жұмыс тек оқытылған және аттестацияланған жұмыскермен атқарылуы тиіс. Жүктерді арқандау үшін жұмысты атқаруға құқылы куәлігі бар арқандаушылар жіберіледі;

10) Барлық қолдналытаны ЖКМ мен аспалы құралдарда жүккөтергішітігі мен кезекті сынақтардың мерзімі жазылуы тиіс.

11) Кездейсоқ көпірлерде, істен шыққан құралмен, өоршалмаған ағаштарда, ақауы бар тасымалды сатыларда жұмыс істеу рұқсат етілмейді. Бір жарым метрден асатын биіктікте қысқа уақытты жұмыс жасағанда міндетті түрде сақтандырғыш белбеулерді қолдану керек.

12) Құбырлардың дәнекерілген қосылыстарының орналасуы олардың жобада көрсетілген құрылымдарымен басқару мүмкіндігін қамтамасыз етуі керек.

13) Қабырғаның қалыңдығы құбырдың иесі таңдаған тәртіпте орындалатын иілулерді кескеннен кейін қабырға қалыңдығын өлшеу арқылы тексерілу керек.

14) Құбырлардың мойынтірек құрылымдары оқшауланған құбырдың салмағынан тік жүктемеге дейін жылулық әсерінен болатын өзгерістерді ескере отырып есептелуі керек.

ҚОРЫТЫНДЫ

Ұсынылған дипломдық жобада газ өңдеу зауыттарында қолданылатын компрессор агрегаттары және олардың сұлбалары талданды. Жұмыс барысында ғылыми-техникалық әдебиеттерді шолу жасалынды, прототип таңдалып, жобалаудың бағыты анықталды.

Қолданыстағы компрессорлардың түрлері мен олардың жабдықталуы және құрамы, қолданылатын ортадан тепкіш газ айдағыштардың түрлері, ондағы бөлшектерге қойылатын негізгі талаптар, техникалық сипаттамасы, айдағышты бөлшектеу және жинау қарастырылды.

Есептеу бөлімінде таңдалынып алынған компрессорға байланысты есептеулер жүргізілді. Оның кірісіндегі және шығысындағы газдың көрсеткіштері тапсырмада берілген параметрлермен есептелінді.

Компрессорларды өндірісте пайдалану бойынша нұсқаулықтар, тіршілік қауіпсіздігі және еңбекті қорғау сұрақтары да қарастырылды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Ревзин.Б.С. Газотурбинные газоперекачивающие агрегаты.-М.: Недра, 1987.-198 с.
- 2 Поршаков.В.П. Газотурбинные установки. Учебник. -М.: Недра, 1992.-238с.
- 3 Волков.М.М. Михеев.А.Л., Конев.К.А. Справочник и доп. Работника газовой промышленности. 2-е издание.-М: Недра, 1989.
- 4 Седых.З.С. Эксплуатация газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным приводом.-М.: Недра,1990. 203 с.
- 5 Козаченко А.Н. Эксплуатация компрессорных станции магистральных газопроводов. – М.: Нефть и газ, 1999.-463с.
- 6 Наумов С.А., Соколов В.Ю. Садчиков А.В. Расчет центробежного компрессора; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2011, 70 с.
- 7 Суринович В.К., Борщенко Л.И. Машинист технологических компрессоров. -М.: Недра, 1986.
- 8 Эксплуатация компрессорных станций магистральных газопроводов. -- М.: изд. РГУ Нефти и газа им. Е.М. Губкина, 1999.
- 9 Медведев С.Д. Автореферат: «Разработка методов и средств повышения эксплуатационной надёжности системы «конвертированный авиационный двигатель – нагнетатель природного газа». Самара, 2010.
- 10 Отт К.Ф. Газоперекачивающие агрегаты. Югорск, 2007.
- 11 Рис В.Ф. Центробежные компрессорные машины. -М.: Машиностроение, 1964, -336с.
- 12 Шварц В.А. Конструкции газотурбинных установок. –М.: Машиностроение, 1970, 436 с.
- 13 Щуровский В.А., Зайцев Ю.В. Газотурбинные газоперекачивающие агрегаты. М.: Недра, 1994, 192 с.
- 14 Ревзин Б.С. Газоперекачивающие агрегаты с газотурбинным приводом. Екатеринбург. УГТУ-УПИ. 2002, 269 с.
- 15 Газотурбинные технологии. Специализированный журнал. 2000. №1

16 Справочник по проектированию магистральных трубопроводов. Под ред. Дерцакяна А.К. -М.: Недра, 1977.