ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

Ақсауыт Гулзада Бердібайқызы

# Ақтау қаласындағы қуаты 250 МВт бу газды қондырғының жобасы

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

6В07101-«Энергетика» мамандығы бойынша

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**
Кафедра меңгерушісі
PhD, қауымдастырылған профессор
ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНИТУ им.К.И.Сатпаева»
Институт энергетики
и машиностроения
_____Е.А. Сарсенбаев
«06» ____06____2023ж.

# ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Ақтау қаласындағы қуаты 250 МВт бу газды қондырғының жобасы»

6В07101-«Энергетика»

Орындаған

Ақсауыт Г.Б.

Сын-пікір беруші
АЭжБУ PhD, «Жылу энергетикалық қондырғылар» кафедрасының доценті
_____Д.Р. Умышев
(қолы)
«02» ____06____2023 ж.

Ғылыми жетекші
Техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы
_____А.С. Нығыманова
(қолы)
«06» ____06____2023 ж.

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Энергетика және машина жасау институты

Энергетика кафедрасы

6В07101-«Энергетика» мамандығы

**«БЕКІТЕМІН»**
Кафедра меңгерушісі
PhD, қауымдастырылған профессор
_____Е. А. Сарсенбаев
«16» ____01_____2023 ж.

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

Студент *Ақсауыт Гулзада Бердібайқызы*
Тақырыбы*: «Ақтау қаласындағы қуаты 250 МВт бу газды қондырғының жобасы»*
Университеттің академиялық мәселелер бойынша проректоры бекіткен .
Бұйрық . *№_ «30» мамыр 2023 ж*
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі *«30» мамыр 2023 ж.*
Дипломдық жұмыстың бастапқы берілгендері *250 МВт энергиямен қамтамасыз ететін қондырғы Қазақстан Республикасы, Маңғыстау облысы, Ақтау қаласындағы МАЭК кәсіпорынына жобаланған. Маңғыстау атом-энерго комбинат - Казатомпром - Қазақстандағы ірі көп салалы энергетикалық кәсіпорын.*
Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі
*а) Жоспарланған құрылыс орнын сипаттау*
*б) Қондырғылардың техникалық сипаттамасы*
*в) Газ турбинасының принципиалдық жылулық сұлбасы*
*г) Негізгі қондырғының есебі*
*д) Екі контурлы ҚУ (қазандық-утилизатор) есептеу*
Сызбалық материалдар тізімі *сызбалық материалдар слайдтармен көрсетілген:*
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: *23 атау.*

Дипломдық жұмысты дайындау

**КЕСТЕСІ**

| Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі | Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері | Ескерту |
|---|---|---|
| Негізгі бөлім | 03.03.2023 ж. | жоқ |
| Арнайы бөлім | 05.04.2023 ж. | жоқ |
| Жылулық есептеу бөлімі | 25.04.2023 ж. | жоқ |
| Экономика бөлімі | 03.05.2023 ж. | жоқ |

Аяқталған жұмысқа қойылған
кеңесшілер мен норма бақылаушының
**қолтаңбалары**

| **Бөлімдер атауы** | **Кеңесшілер А.Ә.Т. (ғылыми дәрежесі, атағы)** | **Қол қойылған күні** | **Қолы** |
|---|---|---|---|
| Негізгі бөлім | А.С.Ныгыманова, магистр, аға оқытушы | 06.06.2023 | |
| Арнайы бөлім | А.С.Ныгыманова, магистр, аға оқытушы | 06.06.2023 | |
| Норма бақылау | Ә.О.Бердібеков, магистр, аға оқытушы | 02.06.2023 | |

Ғылыми жетекші _____ А.С.Ныгыманова
(қолы)

Тапсырманы орындауға алған студент _____ Г.Б.Ақсауыт
(қолы)

Күні «06» 02 2023 ж.

## АҢДАТПА

Бугаздық қондырғы – экологиялық тұрғыда ең таза қозғалтқыш. Бұл, ең алдымен, оның жоғары ПӘК мәнімен түсіндіріледі – себебі электр энергиясына түрлендіре алмаған отындағы жылу қоршаған ортаға лақтырылып, оның жылулық ластануы жүреді. Дипломдық жобада осы бугаздық қондырғының көп артықшылықтарын ескере отырып, оны Ақтау қаласындағы МАЭК (Маңғыстау Атом Энерго Комбинатының) ЖЭС-3 станциясының ішіне немесе жанына салу қарастырылады.

Жобаның техникалық есептеу бөлімінде бугаздық қондырғының негізгі компоненттерінің жылулық есебі келтірілген. Олар: газ турбинасы, қазандық-утилизатор және бу турбинасы. Есептеулерге сай жалпы жобаланған бугаздық қондырғының абсолют электрлік ПӘК-і 63% берді.

## АННОТАЦИЯ

Парогазовая установка – самый экологически чистый двигатель. Это объясняется, прежде всего, его высоким КПД – потому что тепло в топливе, которое не может быть преобразовано в электричество, выбрасывается в окружающую среду, и происходит его тепловое загрязнение. В дипломном проекте предусматривается строительство данной парогазовой установки внутри или рядом со станцией ТЭС-3 МАЭК (Мангистауского атомно-энергетического комбината) в г. Актау с учетом ее многочисленных преимуществ.

В разделе технического расчета проекта приведен тепловой расчет основных компонентов парогазовой установки. Согласно расчетам, абсолютный электрический КПД проектируемой парогазовой установки составил 63%.

## ANNOTATION

Combined–cycle gas plant is the most environmentally friendly engine. This is primarily due to its high efficiency – because the heat in the fuel, which cannot be converted into electricity, is released into the environment, and its thermal pollution occurs. The diploma project provides for the construction of this combined-cycle gas plant inside or next to the TPP-3 MAEK station (Mangistau Nuclear Power Plant) in Aktau, taking into account its many advantages.

In the section of the technical calculation of the project, the thermal calculation of the main components of the combined cycle gas plant is given. According to calculations, the absolute electrical efficiency of the projected combined cycle gas plant was 63%.

# МАЗМҰНЫ


| | | |
|---|---|---|
| | Кіріспе | 7 |
| 1 | Жоспарланған құрылыс орнын сипаттау | 9 |
| 1.1 | ЖШС МАЭК Казатомпром туралы қысқаша мәлімет | 9 |
| 1.2 | Қондырғы орнатудағы технологиялық шешім | 9 |
| 2 | Қондырғылардың техникалық сипаттамасы | 10 |
| 2.1 | Негізгі қондырғы – газды турбина | 10 |
| 2.2 | Негізгі қондырғы – бу турбинасы | 12 |
| 2.3 | Газ турбинасының принципиалдық жылулық сұлбасы | 13 |
| 2.4 | Қарапайым бугаздық қондырғының принципиалды сұлбасы | 14 |
| 3 | Негізгі қондырғының есебі | 15 |
| 3.1 | Сығымдағыштағы ауа сығылу процесінің есебі | 15 |
| 3.2 | ГТҚ 1м$^3$ отынға қатысты сығымдағыштың энергия тепе-теңдегі | 16 |
| 3.3 | Жану камерасын есептеу | 17 |
| 3.4 | Жану камерасының энергия тепе-теңдігі | 24 |
| 3.5 | Турбинадағы түтін газының ұлғаю процесін есептеу | 25 |
| 3.6 | 1 м$^3$ ГТҚ отынына қатысты сығымдағыштың энергия тепе-теңдігі | 26 |
| 4 | Екі контурлы ҚУ (қазандық-утилизатор) есептеу | 29 |
| 4.1 | ҚУ есебі үшін ГТ-ның қажет мәндері | 29 |
| 4.2 | Қазандық-утилизаторды есептеу | 29 |
| 4.3 | Бу турбинасын есептеу | 35 |
| 4.4 | БГҚ экономикалық көрсеткіштерін анықтау | 38 |
| 5 | БГҚ технико-экономикалық көрсеткіштерді есептеу | 39 |
| 5.1 | Отын шығынын есептеу | 39 |
| 5.2 | Жалақыны есептеу | 40 |
| 5.3 | Кәсіпорынның шығысы | 41 |
| 5.4 | Инвестицияның өтелу мерзімін РР есептеу | 42 |
| | Қорытынды | 43 |
| | Пайдаланылған әдебиеттер тізімі | 45 |

# КІРІСПЕ

Энергетикалық жүйе немесе энергожүйе – өзара және энергия тұтынушылармен электр энергиясын жеткізу желісі арқылы жалғасқан электр станцияларының торабы. Энергиялық жүйенің құрамына: жылу электр станциясы, атом электр станциясы, су электр станциясы, электр энергиясын жеткізу желісі; қосалқы электр станциялары, жылу және электр желісі, жылу және электр энергиясының қабылдағыштары енеді. Тұтынушыларды электр энергиясымен энергиялық жүйе арқылы қамтамасыз етудің жеке электр станция арқылы қамтамасыз етуге қарағанда төмендегідей артықшылықтар бар: энергиямен қамтамасыз етудің сенімділігі артады; жергілікті энергетикалық қор (отын және су энергиясы) тиімді пайдаланылады; электр станцияларының жүктемесін өзара тиімді етіп бөлу нәтижесінде электр энергиясының өзіндік құны кемиді, қуатты қондырғыларды пайдалану мүмкіндігі жасалады, резервтік қуат азаяды. Энергиялық жүйе әдетте бір орталықтан басқарылады. Бір жалпы оперативтік диспетчерлік пункттен басқарылатын бірнеше энергиялық жүйе біріккен энергетикалық жүйені құрайды.

Қазіргі таңда энергиямен қамтамасыз ету мақсатында көптеген құрылымдар пайдаланылады. Бірақ оның әрқайсысы экономикалық, экологиялық және басқа да тұрғыдан келгенде кемшіліктері болады.

Сондықтан бұл дипломдық жобада энергиямен қамтамасыз ете отырып барлық жақтан артықшылықтарға ие бугаздық қондырғы қарастырылады. Бугаздық қондырғы дегеніміз – ГТҚ (ГТҚ)-ның шығын газдарының жылуы тікелей немесе қосалқы түрде бутурбиналық циклде электр энергиясын өндіру үшін қолданылатын энергетикалық қондырғы.

Бугаздық қондырғының негізгі құраушы элементтері: газ турбиналық қондырғы, шығын газдардың жылуының белгілі бөлігі утилизацияланатын жылуалмастырғыш аппарат және бутурбиналық қондырғы. Жалпы энергетиканың дамуы бугаздық қондырғыларының пайда болуымен тығыз байланысты. Олардың негізгі және қосымша жабдықтарының құрылысы ерекше болып келеді. Қазіргі кезде жану камерасындағы жандыру технологиясының дамуына және оның экологиялық көрсеткіштеріне назар бөлінген. Бугаздық қондырғының булы циклы әрқашан жетілдірілуде: аралық бу қыздыруы бар екі контурлы, үш контурлы қазандық-утилизаторларға өту байқалады. Параметрлер тұрақтылығы және қондырғы қуатын арттыру мақсатында отынды қайта жандыру қолданылады. Қолданылатын БГҚ сызбалары құрамы және технологиялық процестері бойынша ажыратылады. Соңғы жылдары энергетикалық БГҚ-ға қызығушылық таныла бастады, әсіресе олардың ерекшеліктері мен электрстанциялардағы жұмысына. Табиғи газдағы БГҚ – конденсат режимінде электрэнергиясының ПӘК-і нетто 58% жоғары болатын жалғыз қондырғы. Басқа құрылымдарға қарағанда экономикалық және экологиялық тұрғыдан тиімді және эффективті болғанымен мұндай бугаздық

қондырғы Қазақстан Республикасында салынбаған. Бірақ Батыс Еуропа мен АҚШ-та олар ертеден кеңінен қолданылады.

БГҚ-ның құрылыс мерзімі басқа типті қуатты жылу электрстанцияларымен салыстырғанда өте қысқа.

БГҚ қондырғысының келешектілігінің себептерінің бірі – отын ретінде табиғи газды қолдану болып келеді, себебі оның әлемдегі үлесі басқа отын түріне қарағанда өте көп. Газ қондырғының ең басты элементі ГТҚ үшін ең жақсы отын. Табиғи газ алыс қашықтықтарға магистральды газжолдары арқылы жақсы жүреді. Бугаздық қондырғының күрделірек жылулық схемаға өтуі оның үнемділігін арттырады. Ол үшін қазандық-утилизатордағы бу генерация контурын көбейтеміз. Қазіргі кезде кең таралған екі контурлы бугаздық қондырғылар болып табылады, мұнда кейде аралық қыздыру да болады. Екі контурлы қазандық-утилизаторы бар бугаздық қондырғының үнемділігі температура мен ЖҚ қысымын жоғарылатқанда өседі. Мұндай температураның шектік мәні ГТҚ-ның шығыс газдарының температурасы және буқыздырғыш шетіндегі температуралық напормен анықталады. Оны қолдану бірконтурлы қазандық-утилизаторы бар бугаздық қондырғыға қарағанда шығыс газдарын жақсырақ салқындатады. Ол өз кезегінде қондырғының басты көрсеткіштерін жақсартады. Бугаздық қондырғы үнемділігі сонымен қатар конденсатордағы бу қысымына да тәуелді, қысым өскен сайын үнемділік кемиді.

Бугаздық қондырғы – экологиялық тұрғыда ең таза қозғалтқыш. Бұл, ең алдымен, оның жоғары ПӘК мәнімен түсіндіріледі - себебі электр энергиясына түрлендіре алмаған отындағы жылу қоршаған ортаға лақтырылып, оның жылулық ластануы жүреді. Сондықтан БГҚ-да жылулық залалды заттардың шығуын төмендету бу айдау қондырғысымен салыстырғанда электр энергиясын өндіруге кететін отынның төмендеу шамасына тең болады

Бұл дипломдық жобада осы бугаздық қондырғының жоғарыда айтылған көп артықшылықтарын ескере отырып, оны Ақтау қаласындағы МАЭК (Маңғыстау Атом Энерго Комбинатының) ЖЭС-3 станциясының ішіне немесе жанына салу қарастырылды.

## 1 Жоспарланған құрылыс орнын сипаттау

### 1.1 ЖШС МАЭК Казатомпром туралы қысқаша мәлімет

250 МВт энергиямен қамтамасыз ететін қондырғы Қазақстан Республикасы, Маңғыстау облысы, Ақтау қаласындағы МАЭК кәсіпорынына жобаланған. Маңғыстау атом-энерго комбинат - Казатомпром - Қазақстандағы ірі көп салалы энергетикалық кәсіпорын (Шевченколық АЭС атауын өзгерту арқылы алынған). Маңғыстау облысында жалғыз энергиямен қамтамасыз ету көзі болып табылады. Электрэнергия нарығында бас орын алатын нарық субъектісі, сумен қамтамасыз ету және жылу өндіру табиғи монополия субъектісі болып табылады. Самұрық-Қазына ФНБ құрамында бар және толық мемлекет бақылауында.

Қазіргі таңда МАЭК өндіретін басты және қосалқы тауарлар келесі:

- электрлік және жылулық энергия;
- бу, дистиллят (орта және күрделі тазарту);
- ионды сәулелену көздерін сақтау, тасу және толтыру;
- люминесцентті шамдардың термодемеркуризациясы.

Оның аумағында 3 ЖЭС орналасқан. Берілген 250 МВт-тық бугаздық қондырғы үшінші ЖЭС ғимаратының ішіне немесе бөлек салынады деп жобаланды. Таңдалынған аймақтың қолайлығы оның қала орталығынан тым алшақ еместігімен, жанында салынған газжолдарымен және Каспий теңізіне жақындығымен анықталады.

### 1.2 Қондырғы орнатудағы технологиялық шешім

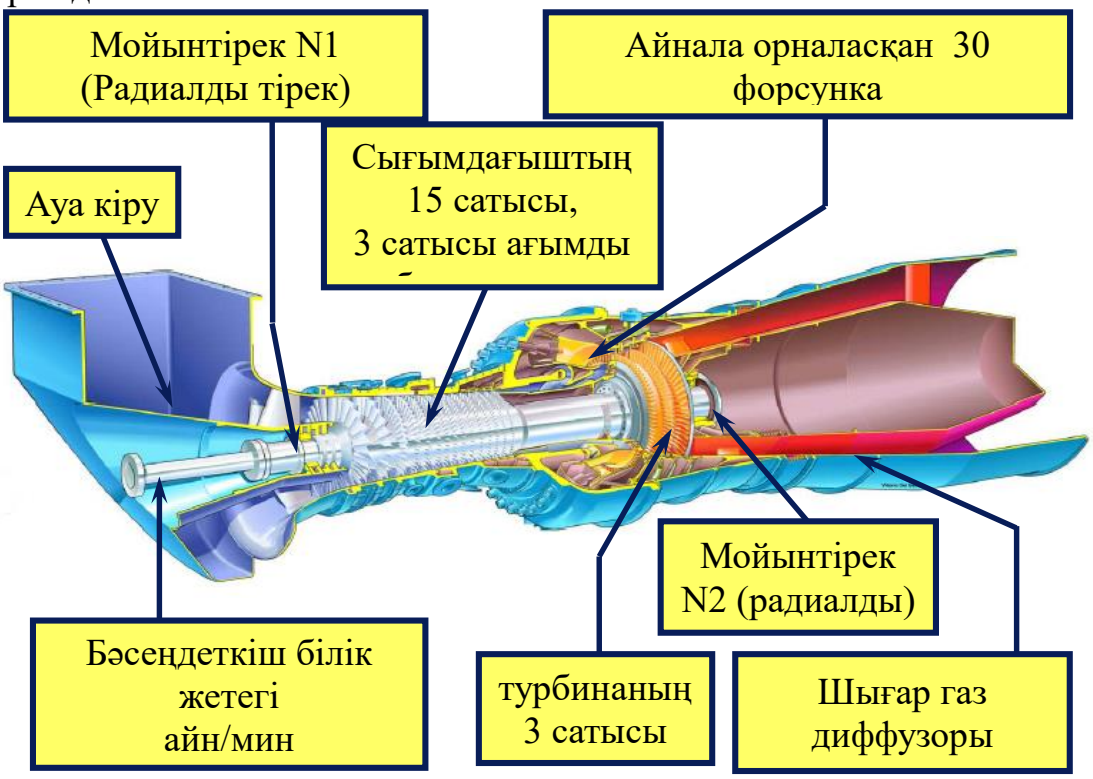
Жобада қарастырылған және орнатылатын негізгі қондырғылар: «Siemens DDIT» (г. Финспонг, Швеция) әрқайсысы 47 МВт-тан SGT-800 маркалы 3 газ турбиналары, 130 МВт болатын SST-700 бу турбинасы жоспарланған. Жобаланған қондырғы экономикалық, экологиялық және тұрғызылу мерзімі бойынша тиімді болып табылады.

Отын ретінде табиғи газ, ал резервті отын ретінде мазут қолданылады. Резервті отын-мазутты жеткізуге арнайы теміржол төселген. Қондырғыға қажет барлық жағдай жасалды.

## 2 Қондырғылардың техникалық сипаттамасы

### 2.1 Негізгі қондырғы – газды турбина

Siemens компаниясының SGT-800 өндірістік газ турбинасы жаңа газтурбина құрылысындағы енгізулер арқасында төмен зиянды қалдықтар шығара отырып, жоғары ПӘК және өндірістік құрылғының сенімділігін қамтамасыз етеді. Берілген газ турбинасы бір білікті стационарлы құрылымы бар, қондырғы бір бүтін корпусқа орнатылған, он бес сатылы сығымдағышы бар, үш бірінші сатысы бағыттаушы болып табылады. Төртінші және бесінші сатылардың қалақшаларының шеткі бөліктерінен саңылауларды кішірейту үшін жуытылатын тығыздама қолданған. Сақиналы жану камерасы термоизоляциялы қабаты бар сваркалы құрылымы жылу беру дәрежесін төмендетеді және қызмет ету уақытын ұзартады. Үш сатылы турбина бір модул түрінде орындалған қызмет көрсетудің қарапайымдығы үшін және сығымдағыш білігіне бекітілген. Қалақша бетінде және бағыттағыш қалақша аппаратында аэродинамикалық салқындату қарастырылған. Сондай-ақ жұмыс саңылауын азайтып және өнімділігін (ПӘК) жоғарылатуға мүмкіндік беретін статорды салқындату орындалған.




1-сурет – SGT-800 газ турбинасының қимасы

Газ турбинасының салқын шеті генератормен төмендеткіш редуктор арқылы байланысқан турбинаның айналу жылдамдығын 6600 айн/мин –нан 1500-1800 айн/мин –қа дейін төмендетеді.

Турбина жұмысы стандартты орындалуда отынның газды және сұйық түрін жағу қарастырылған. Зиянды заттардың төмен тасталуымен газ турбинасы сенімділіктің және тиімділігінен жоғары көрсеткіштерге ие. 50-ден 100%-ке дейінгі аралықтағы жүктемеде алдын ала отынның ауамен араласатын горелка төмен дәрежелі эмиссия тастамымен қамтамасыз етеді, $NO_x$ және CO газ отынын жаққанда 15 ppm (parts per million) көп емес, сұйық отынды жаққанда 25 ppm артық емес.

Турбина түтін газдарының ерекше шығысымен орындалған.

Турбина, редуктор және генератордың өзі жабық блогті дыбыс және жылу оқшаулағыш контейнерде орнатылған.

1-кесте – Газ турбинасының техникалық сипаттамасы

| | |
|---|---|
| Газ турбинасының номиналды қуаты, МВт | 47,0 |
| Газ турбинасының қарапайым циклдағы ПӘКі, % | 37,5 |
| Жиілігі, Гц | 50/60 |
| Ауа шығыны, кг/с | 121,2 |
| Табиғи газ шығыны, кг/с | 3,7 |
| Табиғи газ шығыны, МПа | 1,0-1,2 |
| Шығардағы газ температурасы, ºС | 544 |
| Түтін газының массалық шығыны кг/с | 130,4 |
| Айналу жиілігі, айн/мин | 6608 |
| ГТҚ қорғанысынан 1 м қашықтықта дыбыс дәрежесі аспайды, дБА | 85 |
| ГТҚ массасы, т | 90 |
| Жылулық қуаты, кДж/кВтсағ | 9946 |

Осьтік компрессор:

- 15-сатылы осьтік компрессор;
- 3 сатысының бағыттаушы аппараттары бар;
- электронды-сәулелі балқытумен жасалған ротор;
- өзгертілетін диффузиялы қалақшалар профильдері.

Жану камерасы:

- қалдықтардың құрғақ өңделу жүйесі бар 30 екіотынды оттықтар;
- металдық беттен жасалған сақиналы балқымалы құбыр;
- термоқорғанышты беті бар ішкі қабат.

Генератор:

- төртполюсті құрылым;
- номаналды кедергі: 10,5/11,0/13,8 кВ;
- 50 немесе 60 Гц;
- қорғаныс класы IP54;
- тұрықты токтың бекітілген генераторынан қоздырылу;
- IEC/EN 6034-1 стандарттарына толықтай жауап береді.

## 2.2 Негізгі қондырғы - бу турбинасы

SST-700 – 14 сатылы, 130 МВт қуат беретін екі корпусқа бекітілген бу турбинасы болып табылады. Ол электрэнергия өндіру үшін жасалған құрылғы. Кірістен шығысқа дейінгі көлемді шығындардың айтарлықтай өзгерістерінің дұрыс пайдаланылуы үшін бұл бу турбинасындағы будың ұлғаюі екі модульден тұрады: бір төменгі қысым турбинасы және бір жоғары қысым турбинасы. Комбинирленген құрылғы циклының қолданылу облыстары: отын шығындарында жасайтын электрстанциялар, күн энергиясында жұмыс жасайтын электрстанциялар, орталық жылумен қамтамасыз ету қондырғылары, өндірістік электрстанциялар (мысалы, мұнай және газ өндірістері).

2-кесте – Бу турбинасының техникалық сипаттамасы

| | |
|---|---|
| Бу турбинасының номиналды қуаты, МВт | 130 |
| Турбинаға кірердегі бу қысымы, бар | 165 |
| Турбинаға кірердегі бу температурасы, ºС | 585 |
| Турбинадағы айналымдар саны, айн/мин | 3000-13200 |
| Екінші қайтара қыздыру температурасы, ºС | 415 |
| Табиғи газ шығыны, МПа | 1,0-1,2 |
| Қарсы қысымды турбинадан шығардағы газ параметрлері, бар | 0,6 дейін |
| Газдың шығу ауданы, $м^2$ | 1,7-11 |
| Орталық жылумен қамтамасыз ету турбинасы, бар | 3 |

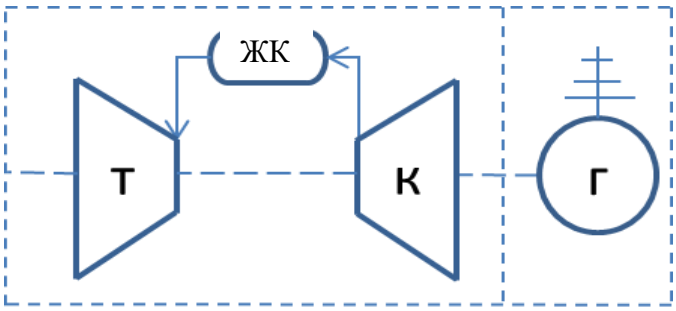
Барлық берілген мәндер жуықталған және әр жобаға тәуелді өзгертіліп отырады. SST-700 турбинасының құрылымы компактті, монтаж және техникалық қызмет көрсетуі күрделі емес, қайта қыздырылуы бар кең қолданыс диапазоны, жоғары сенімділік, жоғары ПӘК, тез іске қосылу, екікорпусты құрылым, редукторлы және тік берілісі бар жоғары және төменгі қысымды модульдер, осьтік немесе төмен қаратылған отвод. Турбина кірістен шығысқа дейін екі модульге бөлінген: екі түрлі жылдамдықта жұмыс жасайтын төменгі және жоғарғы қысымды турбина. Екі модульдер қажетті конфигурацияға сай өзгертіліп отыру үшін арнайы құрылған. Бірақ әр модуль жеке қолданылуы да мүмкін, мысалы жоғарғы қысым турбинасы қарсы қысымды турбина ретінде қолданылуы мүмкін. Көлемдік шығынға сай әр цилиндрге таңдалған пішін және екі жоғары қысым мен төменгі қысым турбиналарына алынған жылдамдық арқасында тиімді өнімділік алынады. Бу алу процесінің ішкі басқарылуы бу шығынының кең диапазонының тұрақты бу қысымын қамтамасыз етіп отырады, бұл өз кезегінде SST-700 бу турбинасын қолданыста жеңіл және оңай етеді. Будың алынуы сыртқы реттегіш клапандармен жабдықталуы мүмкін. Төмен термиялық және механиялық инерцияны қамтамасыз ететін симметриялық цилиндрлік корпус және құрылғыларының пішінінің үлкен еместігі арқасынла

турбина өте тез жылдамдықпен іске қосылады және жүктемелердің тез өзгерістеріне шыдай алады.

## 2.3 Газ турбинасының принципиалдық жылулық сұлбасы

Газтурбиналы қондырғы (ГТҚ) деп негізі үш элементтен: ауа компрессорынан, жану камерасынан және газ турбинасынан құралған жылу қозғалтқышын айтады. 2-суретте қарапайым газотурбинді қондырғының сұлбасы ұсынылған. Қондырғының жұмыс істеу қағидасы келесі жолмен іске асады: атмосфералық ауа К компрессоры арқылы сығылады және қысым жоғарылағанда ЖК жану камерасына беріледі, бұл жерге дәл осы мезетте ЖН жанармай насосы арқылы сұйық отын немесе газ компрессоры арқылы газ текті отын бірге түседі. Жану камерасында ауа екі ағынға бөлінеді: бір ағыны отынды жағу үшін керекті көлемде ысыту тұрбаларына келіп түседі, екінші бөлігі ысыту тұрбаларының сыртынан өтіп, жанатын өнімдермен олардың температурасын азайту үшін араласады. Камерада жану процессі үнемі бірқалыпты қысымда жүреді.

Қарапайым ГТҚ циклынде газдар жоғарғы температурада өз температураларын жоғалтады, бұл мұндай қондырғылардың энергетикалық тиімділігінің төмен болуының негізгі себебі болып табылады. Шығатын газдардың жылуын пайдаланудың бір жолы жылуалмасу аппараттарын - регенераторларды қолдану болып табылады, мұнда шығатын газдар өз жылуының жартысын компрессорда сығылған ауаға береді. Компрессорлы ГТҚ-ның сұлбасы 2 суретте көрсетілген.

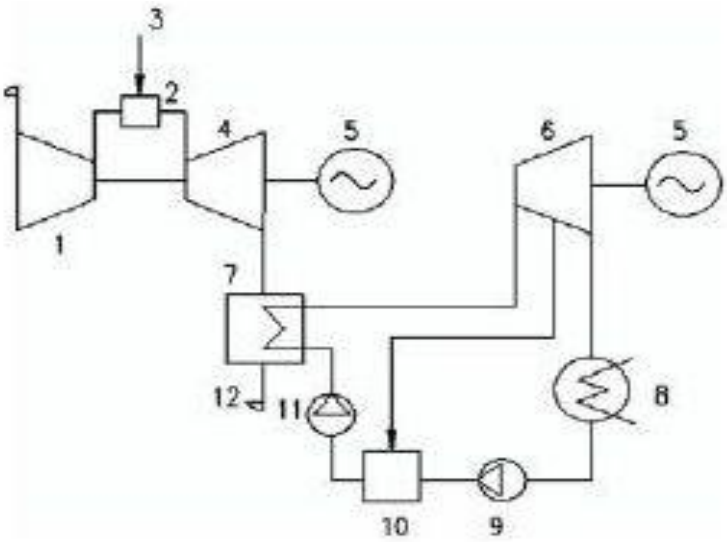



2-сурет – Қарапайым ГТҚ-ның сұлбасы

Газтурбиналық қондырғыда турбинаны газтүріндегі жану өнімдері айналымға келтіреді. Отын ретінде табиғи газ, сонымен қатар мұнай өнімдері де (мазут, солярка) қолданылады. Турбинамен бір валда бірінші генератор орналасады, ол ротор айналу тарапынан электр тоғын шығарады. Газтурбинасынан өткенде жану өнімдері жылудың тек бөлігін береді және газтурбинадан шыққанда әлі де жоғары температураға ие болады. Газтурбинасынан шыққан жану өнімдері букүштік қондырғы, яғни қазандық-

утилизаторға келіп түседі. Мұнда суды және пайда болатын буды қыздырады.Жану өнімдерінің температурасы бу турбинасында қолдану үшін буды қажет күйге дейін қыздыруға жетерлік (түтін газдарының 500ºС температурасы 100 атмосфера қысымында қызған бу алуға мүмкіндік береді. Бутурбинасы екінші электргенераторды қозғалысқа келтіреді.

## 2.4 Қарапайым бугаздық қондырғының принципиалды сұлбасы




1-компрессор; 2-жану камерасы; 3-отын; 4-газтурбинасы; 5-электр генераторы; 6-бу турбинасы; 7-қазандық-утилизатор; 8-бу турбина конденсаторы; 9-конденсатты насос; 10-бу циклындағы регенеративті қыздырғыш; 11-қазандық-утилизатордың қоректік насосы; 12-түтін құбыры.

3-сурет – Қарапайым бугаздық қондырғының принципиалды сызбасы

## 3 Негізгі қондырғының есебі

### 3.1 Сығымдағыштағы ауа сығылу процесінің есебі

Сығымдағыштың ауаны сығу процесін есептеу үшін бастапқы мәндер:

Қоршаған орта қысымы $p_{ос} = 101,325 кПа$;

Сорылатын ауа температурасы $t_{ос} = 12,1°C$; $T_{ос} = 285,25K$;

Сығымдағышта сығу процесінің ішкі қатыстық ПӘК-і $\eta_{oi}^{к} = 86\%$;

қысымды арттыру дәрежесі $\beta = 19$;

Сығымдағыш ПӘК-і $\eta_{пр}^{к} = 80\%$;

ГТҚ сығымдағышына 1 м$^3$ отын үшін берілетін нақты ауа көлемі $V_в = 31,3 \frac{м^3}{м^3}$.

Есептеу:

Сығымдағышта ауаны сығу қайтарымсыз адиабаталы процес болып саналады, адиабаталы корсеткіші $k = 1,4$.

Температураның әсерінсіз ауаның шартты изобаралы көлемді жылу сыйымдылығы, $\frac{кДж}{м^3 \cdot К}$:

$$C_p' = \frac{R_\mu \cdot k}{(k-1) \cdot 22,4}, \quad (1)$$

$$C_p' = \frac{8,314 \cdot 1,4}{(1,4-1) \cdot 22,4} = 1,299.$$

Изоэнтропты сығылудан кейінгі ауа температурасы, К:

$$T_{2m} = T_1 \cdot \beta^{\frac{k-1}{k}}, \quad (2)$$

$$T_{2m} = 285,25 \cdot 19^{\frac{1,4-1}{1,4}} = 661,58.$$

Қайтарымсыз адиабаталық сығылудан кейінгі нақты температурасы, К:

$$T_{2g} = T_1 + \frac{T_{2m} - T_1}{\eta_k}, \quad (3)$$

$$T_{2g} = 285,25 + \frac{661,58 - 285,25}{0,86} = 722,84$$

ГТҚ 1м$^3$ отынға қатысты ауаның кіретін ағымының энтальпиясы, $\frac{кДж}{м^3}$:

$$I_{1в} = V_в \cdot c'_p \cdot t_{ос}\ , \tag{4}$$

$$I_{1в} = 31{,}1 \cdot 1{,}299 \cdot 12{,}1 = 491{,}97.$$

ГТҚ 1м$^3$ отынға қатысты ауаның шығатын ағымының энтальпиясы, $\frac{кДж}{м^3}$:

$$I_{2в} = V_в \cdot c'_p \cdot t_{2g}, \tag{5}$$

ГТҚ 1м$^3$ отынға қатысты ауаны сығудың шартты жұмысы, $\frac{кДж}{м^3}$:

$$L_k = I_{2B-}I_{1B}, \tag{6}$$

$$L_k = 18167{,}1 - 491{,}97 = 17675{,}13.$$

## 3.2 ГТҚ 1м$^3$ отынға қатысты сығымдағыштың энергия тепе-теңдегі

Кіріс:
сығымдағышта сорылатын ауа энергия

$$w_{в.вс} = I_{1в} = 491{,}97\frac{кДж}{м^3};$$

қозғалтқышты қосуда пайдаланатын электроэнергия, $\frac{кДж}{м^3}$:

$$w_{дв.пр.к} = \frac{L_к}{\eta_{пр}^к}, \tag{7}$$

$$w_{дв.пр.к} = \frac{17675{,}13}{0{,}8} = 22093{,}91.$$

суммалы энергия кірісі, $\frac{кДж}{м^3}$ :

$$\sum w_{пр} = w_{в.вс} + w_{дв.пр.к}\ , \tag{8}$$

$$\sum w_{пр} = 491{,}97 + 22093{,}91 = 22585{,}88.$$

Шығыс:
сығымдағыштан шығатын ауа энергиясы

$$w_{в.вых} = I_{2в} = 18167{,}1\frac{кДж}{м^3}.$$

кірердегі энергия жоғалуы, $\frac{кДж}{м^3}$:

$$Q_{ос}^{пр.к} = w_{дв.пр.к} - L_{\ к}, \quad (9)$$

$$Q_{ос}^{пр.к} = 22093{,}91 - 17675{,}13 = 4418{,}78$$

суммалық энергия шығыны, $\frac{кДж}{м^3}$:

$$\sum w_{рас} = w_{в.вых} - Q_{ос}^{пр.к}, \quad (10)$$

$$\sum w_{рас} = 18167{,}1 - 4418{,}78 = 13748{,}32.$$

### 3.3 Жану камерасын есептеу

ГТҚ жану камерасын есептеуге бастапқы мәндер:

Қоршаған ауаның ылғалдығы $d$=5.

$t_m$=12,1°С қоршаған орта параметрімен жану камерасына беретін отынның көлемдік құрамы (табиғи газ) (кесте 3):

3-кесте – Табиғи газдың көлемдік құрамы

| Элемент | $CH_4$ | $C_2H_6$ | $C_3H_8$ | $C_4H_{10}$ | $N_2$ | $CO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Көлемдік құрамы r, % | 92,45 | 4,97 | 0,49 | 1,04 | 2,03 | 0,02 |
| Адиабата көрсеткіші, k | 1,33 | 1,33 | 1,33 | 1,33 | 1,4 | - |

Газды турбина алдындағы температура $t_{дг} = 900^o C; T_{дг} = 1173{,}15 K;$

4-кесте – Құрғақ ауаның көлемдік құрамы

| Элемент | $N_2$ | $CO_2$ | $O_2$ | Ar | қоспа |
|---|---|---|---|---|---|
| Көлемдік құрамы r, % | 70,11 | 9,47 | 20,68 | 0,92 | 100 |
| Мольдік массасы μ, кг/кмоль | 28 | 44 | 32 | 18 | 28,8144 |

Ауа молярлық массасын аралас идеал газ молярлық массасы ретінде анықтаймыз, $\frac{кг}{кмоль}$:

$$\mu_{см} = \sum r_j \cdot \mu_j = 28{,}8144 \qquad (11)$$

Теориялық қажетті көлемдегі қышқылы бар теориялық жану өнім құрамы (кесте 5):

5-кесте – Теориялық жану өнім құрамы

| Элемент | $N_2$ | $RO_2$ | $H_2O$ | Ar | Қоспа |
|---|---|---|---|---|---|
| Көлемдік құрамы r, % | 70,11 | 9,47 | 19,63 | 0,79 | 100 |
| Элемент көлемі $V_{Д0}$, м$^3$/м$^3$ | 7,994 | 1,08 | 2,298 | 0,09 | 11,402 |

1 м$^3$ отын жанғанда пайда болатын теориялық түтін газ көлемі

$$V_{дг}^0 = 11{,}402 \frac{м^3}{м^3}.$$

Есептеу:

Отынның жану жылуы, $\frac{кДж}{м^3}$:

$$Q_H^c = 358 \cdot CH_4 + 638 \cdot C_2H_6 + 913 \cdot C_3H_8 + 1187 \cdot C_4H_{10}, \qquad (12)$$

$$Q_H^c = 358 \cdot 92{,}45 + 638 \cdot 4{,}97 + 913 \cdot 0{,}49 + 1187 \cdot 1{,}04 = 37949{,}81.$$

1 м$^3$ отын толығымен жану үшін теориялық қажетті ауа көлемі, $\frac{м^3}{м^3}$:

$$V_b^0 = 4{,}76 \cdot \sum(m + \frac{n}{4})C_mH_n\ , \qquad (13)$$

мұндағы

$C_mH_n$ - табиғи газ элементі құрамы;

m және n – табиғи газдағы көмірсутегі молекуласының сәйкесінше көміртегі мен сутегінің атом саны;

$$V_b^0 = 4{,}76 \cdot \left[\left(1 + \frac{4}{4}\right) \cdot 92{,}45 + \left(2 + \frac{6}{4}\right) \cdot 4{,}97 + \left(3 + \frac{8}{4}\right) \cdot 0{,}49 + \left(4 + \frac{10}{4}\right) \cdot 1{,}04\right] = 10{,}067.$$

$$V_{RO_2}^0 = 0{,}01 \cdot [CO_2 + H_2O + CO + \sum mC_mH_n]\ , \qquad (14)$$

$$V_{RO_2}^0 == 0{,}01 \cdot [0{,}02 + 92{,}45 + 2 \cdot 4{,}97 + 3 \cdot 0{,}49 + 4 \cdot 1{,}04] = 1{,}08.$$

$$V_{N2O}^0 = 0{,}01 \cdot \left[H_2 + H_2S + \sum \frac{n}{2} C_m H_n + 0{,}124 \cdot d_r\right] + 0{,}0161 \cdot V_в^0, \quad (15)$$

$$V_{N_2}^0 = 0{,}79 \cdot V_в^0 + 0{,}02 \cdot N_2 \ , \quad (16)$$

$$V_{N_2}^0 = 0{,}79 \cdot 10{,}067 + 0{,}02 \cdot 2{,}04 = 7{,}994.$$

$$V_r = V_{RO_2}^0 + V_{N_2}^0 + V_{H2O}^0 + (\alpha - 1)V_в^0 \ , \quad (17)$$

$$V_r = 1{,}08 + 7{,}994 + 2{,}238 + (1{,}1 - 1) \cdot 10{,}067 = 12{,}319.$$

Жану камерасына энергия тепе-теңдігігін құрастырамыз (1 м$^3$ отынға):

$$h_{тф} + Q_н^р + \alpha \cdot H_{взд}^* = H_{дгт}^* + (\alpha - 1) \cdot H_{взд.дг}^*; \quad (18)$$

мұндағы

$h_{тф}$ - отынның физикалық энтальпиясы (химиялық құрамынсыз):

$$h_{тф} = c'_{рт} \cdot t_т \quad (19)$$

Шартты көлемді изобаралы отынның жылусыйымдылығын идеал газ қосындысының жылусыйымдылығымен анықтайды (кесте 6):

$$C'_{рт} = \sum_{j=1}^{n} c'_{рг} \cdot r_j \quad (20)$$

мұндағы

$C'_{рj}$ формуладан табамыз:

$$C'_{рj} = \frac{R_\mu \cdot k_j}{(k_j - 1) \cdot 22{,}4} \quad (21)$$

6-кесте – Отынның құрамына кіретін элемент параметрі

| Элемент | $CH_4$ | $C_4H_{10}$ | $N_2$ | қоспа |
|---|---|---|---|---|
| Адиабата көрсеткіші k | 1,33 | 1,33 | 1,4 | 1,33 |
| $c'_р$, кДж/м$^3$·К | 1,49 | 1,49 | 1,2 | 1,4735 |

Отынның физикалық энтальпиясы, $\frac{кДж}{м^3}$:

$$h_{тф} = c'_{рт} \cdot t_{т}, \quad (22)$$

$$h_{тф} = 1{,}4735 \cdot 12{,}1 = 17{,}83.$$

Теориялық отын жануға қажетті ауа энтальпиясы, $\frac{кДж}{м^3}$ :

$$H^*_{взд} = V^0_{в} \cdot c'_{рв2д} \cdot t_{2д}\ , \quad (23)$$

Мұндағы $C'_{pB2g}$ - $t_{2g}$ температурасындағы ауа жылусыйымдылығы, $\frac{кДж}{м^3 \cdot K}$:

$$c'_{pB2g} = f(t_{2g}) = f(449{,}69) = 1{,}341, \quad (24)$$

$$f(449{,}69) = 1{,}341.$$

$$H^*_{взд} = 10{,}067 \cdot 1{,}341 \cdot 449{,}69 = 60707{,}746.$$

Отынның қышқылдануынан пайда болатын теориялық түтін газының энтальпиясы $H^*_{дгт}$, $\frac{кДж}{м^3}$ :

$$H^*_{дгт} = V^0_{дг} \cdot C'_{дг} \cdot t_{дг}, \quad (25)$$

мұндағы

$C'_{рдг}$ - теориялық түтін газының жылусыйымдылығы, идеал газ қоспасы ретінде анықталады (кесте 6):

$$c'_{рдг} = \sum_{j=1}^{n} c'_{рдгj} \cdot r_j \quad (26)$$

мұндағы

$C'_{рдгj}$ - $t_{дг}$ температура функциясы ретінде анықталатын теориялық түтін газының әр компонентінің жылусыйымдылығы.

7-кесте – Теориялық жану өнімінің компонентінің жылусыйымдылығы

| Элемент | $N_2$ | $RO_2$ | $H_2O$ | қоспа |
|---|---|---|---|---|
| Көлемдік құрамы r, % | 70,11 | 9,47 | 19,63 | 100 |
| $c'_{рдгj}$ , кДж/м$^3$·К | 1,379 | 2,16 | 1,7 | 1,49 |

$$H^*_{\text{дгт}} = 11{,}402 \cdot 1{,}4956 \cdot 900 = 15347{,}55.$$

Түтін газының теориялық отын жануға қажетті ауа энтальпиясы $\text{H}^*_{\text{взд.дг}}$, $\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$:

$$\text{H}^*_{\text{взд.дг}} = V_b^0 \cdot c'_{pb} \cdot t_{\text{дг}}\ , \tag{27}$$

Мұндағы $\text{C}'_{\text{рв}}$ - $t_{\text{дг}}$ температура функциясы секілді ауа жылусыйымдылығы,$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot K}$:

$$c'_{p\text{в}} = f\left(t_{\text{дг}}\right),$$

$$f(900°\text{C}) = 1{,}395.$$

$$H^*_{\text{взд.дг}} = 10{,}067 \cdot 1{,}395 \cdot 900 = 12639{,}1185.$$

Жану камерасының энергия тепе-теңдігі теңдеуінен артық ауа коэффицентін табамыз:

$$\alpha = \frac{\text{h}_{\text{тф}} + \text{Q}^{\text{р}}_{\text{н}} + \text{H}^*_{\text{взд.дг}} - \text{H}^*_{\text{дгт}}}{\text{H}^*_{\text{взд.дг}} - \text{H}^*_{\text{взд}}}, \tag{28}$$

$$\alpha = \frac{17{,}83 + 37949{,}81 + 12639{,}1185 - 15347{,}55}{12639{,}1185 - 6070{,}746} = 5{,}368.$$

Ылғал ауа құрамын анықтаймыз:
Ылғал ауаудағы су-буының массалық концентрациясы d=5 г/кг тең.

1 м$^3$ отынға берілетін ауа көлемі, $\frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$:

$$V_{\text{в}} = \alpha \cdot V_{\text{в}}^0, \tag{29}$$

$$V_{\text{в}} = 5{,}368 \cdot 10{,}067 = 54{,}04.$$

Артық ауа көлемі, $\frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$:

$$\Delta V_{\text{в}} = (\alpha - 1) \cdot V_{\text{в}}^0, \tag{30}$$

$$\Delta V_{\text{в}} = (5{,}368 - 1) \cdot 10{,}067 = 43{,}97.$$

Түтін газының нақты көлемі, $\frac{м^3}{м^3}$:

$$V_{дг} = V_{дг}^0 + \Delta V_в, \quad (31)$$

$$V_{дг} = 11{,}402 + 43{,}9726 = 55{,}3746.$$

Түтін газының компонентер көлемін есептейміз:
Түтін газындағы азоттың нақты көлемі,

$$V_{N_2} = V_{bN2}^0 + \Delta V_b \cdot r_{bN2}, \quad (32)$$

мұндағы
$V_{bN2}^0$ - теориялық жану өнімдегі азот көлемі;
$r_{bN2}$ - ылғал ауадағы азоттың концентрация көлемі.

$$V_{N_2} = 7{,}994 + 43{,}9726 \cdot 0{,}7709 = 41{,}8925.$$

Нақты түтін газындағы үш атомды газ көлемі, $\frac{м^3}{м^3}$:

$$V_{RO_2} = V_{RO_2}^0 + \Delta V_в \cdot r_{CO_2} = 1{,}08 + 43{,}9726 \cdot 0{,}0003, \quad (33)$$

$$V_{RO_2} = 1{,}08 + 43{,}9726 \cdot 0{,}0003 = 1{,}0932.$$

Нақты түтін газындағы су-буының көлемі, $\frac{м^3}{м^3}$:

$$V_{H_20} = V_{HO_2}^0 + \Delta V_в \cdot r_{HO_2}, \quad (34)$$

$$V_{H_20} = 2{,}238 + 43{,}9726 \cdot 0{,}0128 = 2{,}8.$$

Нақты түтін газындағы оттегінің көлемі, $\frac{м^3}{м^3}$:

$$V_{O_2} = \Delta V_в \cdot r_{O_2}, \quad (35)$$

$$V_{O_2} = 43{,}9726 \cdot 0{,}2068 = 9{,}09.$$

Нақты түтін газындағы аргонның көлемі, $\frac{м^3}{м^3}$:

$$V_{Ar} = V_{Ar}^0 + \Delta V_в \cdot r_{Ar}, \quad (36)$$

$$V_{Ar} = 0{,}09 + 43{,}9726 \cdot 0{,}0092 = 0{,}4945.$$

Нақты түтін газындағы көлемдік құрамын қатынасынан табамыз (кесте 8):

$$r_j = \frac{V_j}{V_{de}}, \qquad (37)$$

мұндағы

$V_j$ - нақты түтін газының элементерінің көлемі.

8-кесте – Нақты түтін газының құрамы

| Элемент | $N_2$ | $RO_2$ | $H_2O$ | Ar | $O_2$ | қоспа |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Көлемдік құрамы r, % | 75,66 | 1,974 | 5,057 | 0,892 | 16,417 | 100 |
| Элемент көлемі V, м³/м³ | 41,8925 | 1,093 | 2,8 | 0,4945 | 9,09 | 55,37 |

### 3.4 Жану камерасының энергия тепе-теңдігі

Кіріс

Сығылған ауа энергиясы, $\frac{кДж}{м^3}$:

$$w_{сж.взд} = V_в \cdot c'_{рв2д} \cdot t_{2д} = \alpha H^*_{взд}, \qquad (38)$$

$$w_{сж.взд} = 5{,}368 \cdot 6070{,}746 = 32587{,}7645.$$

Отынның жану жылуы (төменгі жұмыстық):

$$Q^р_н = 37949{,}81 \frac{кДж}{м^3}$$

Отынның физикалық энергиясы, $\frac{кДж}{м^3}$:

$$h_{тф} = c'_{рт} \cdot t_т, \qquad (39)$$

$$h_{тф} = 1{,}4735 \cdot 12{,}1 = 17{,}83.$$

Энергияның суммалық кірісі, $\frac{кДж}{м^3}$:

$$\sum w_{пр} = w_{сж.взд} + Q_н^р + h_{тф}, \quad (40)$$

$$\sum w_{\text{пр}} = 32587{,}7645 + 37949{,}81 + 17{,}83 = 70555{,}4045.$$

Шығыс:

Түтін газының энергиясы:

$$w_{dr} = V_{de} \cdot c'_{\text{рдг}} \cdot t_{\text{дг}}\ , \quad (41)$$

мұндағы

$c'_{\text{рдг}}$ - идеал газдар қоспасы ретінде есептелген нақты түтін газының шартты көлемдік жылусыйымдылығы, $\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3\text{К}}$:

$$c'_{\text{рдг}} = \sum_{j=1}^{n} c'_{\text{рдг}j} \cdot r_j, \quad (42)$$

$$c'_{\text{рдг}} = 1{,}4956.$$

мұндағы

$c'_{\text{рдг}j}$ - $t_{\text{дг}}$ температура функциясы ретінде есептелген нақты түтін газының элементінің шартты көлемдік жылусыйымдылығы.

$$w_{\text{дг}} = 55{,}37 \cdot 1{,}4956 \cdot 900 = 74530{,}235.$$

Теңсіздік, $\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$:

$$\Delta w = \sum w_{\text{пр}} - w_{\text{дг}}, \quad (43)$$

$$\Delta w = 70555{,}4045 - 74530{,}235 = 3974{,}83.$$

Жану камерасының теңсіздігін жану камерасының торы арқылы қоршаған ортаға таралуы деп қарастырамыз.

### 3.5 Турбинадағы түтін газының ұлғаю процесін есептеу

Турбинадағы түтін газының ұлғаю процесін есептеуге қажетті бастапқы мәндер:

Турбина алдындағы түтін газының қысымы $p_3 = 0{,}6\,МПа$;

Газ турбинасының алдындағы түтін газының температурасы $t_3 = 900\,^oC; T_3 = 1173{,}15K$;

Турбинадағы ұлғаю процесінің ішкі қатыстық ПӘКі $\eta^{к}_{oi} = 85\%$;

Турбина ПӘКі $\eta^{к}_{пр} = 94\%$;

ГТҚ-ның 1 м$^3$ отынға берілетін нақты түтін газының көлемі:

$$V_{дг} = 55{,}37\frac{м^3}{м^3}$$

Есептеу:

Газ турбинасындағы түтін газының ұлғаю процесін қайтымсыз адииабаталы деп есептеп көрсетеміз $k = 1{,}4$.

Түтін газының шартты изобаралы көлемдік жылусыйымдылығы, $\frac{кДж}{м^3К}$:

$$c_p^{'} = f(t), \tag{44}$$

$$c'_{рдг} = f(900) = 1.4956.$$

Түтін газының изоэнтропты ұлғаюден кейінгі температурасы, $K$:

$$T_{4m} = T_3 \cdot \beta^{\frac{k-1}{k}}, \tag{45}$$

$$T_{4m} = 1173{,}15 \cdot \left(\frac{1}{19}\right)^{\frac{1{,}4-1}{1{,}4}} = 505{,}82.$$

$$t_{4m} = 232.67℃$$

Қайтарымсыз адиабаталы ұлғаюден кейінгі нақты температурасы, $K$:

$$T_{4д} = T_3 - (T_3 - T_{4m}) \cdot \eta_{oi}, \tag{46}$$

$$T_{4д} = 1173{,}15 - 0.85 \cdot (900 - 232.67) = 605{,}894.$$

$$t_{4д} = 332{,}744℃$$

ГТҚ-ның 1 м$^3$ отынға қатысты түтін газының кіру ағым энтальпиясы, $\frac{кДж}{м^3}$:

$$I_{3де} = V_{дг} \cdot c'_p \cdot t_3, \tag{47}$$

$$I_{3де} = 55{,}37 \cdot 1{,}4956 \cdot 900 = 74530{,}235.$$

ГТҚ-ның 1 м$^3$ отынға қатысты түтін газының шығу ағымы энтальпиясы, $\frac{кДж}{м^3}$:

$$I_{4де} = V_{дг} \cdot c'_p \cdot t_{4д}, \quad (48)$$
$$I_{4де} = 55{,}37 \cdot 1{,}4956 \cdot 332{,}744 = 27554{,}987.$$

ГТҚ-ның 1 м$^3$ отынға қатысты турбинадағы түтін газының ұлғаюінің пайдалы жұмысы, $\frac{кДж}{м^3}$:

$$L_т = I_{3де} - I_{4де}, \quad (49)$$

### 3.6 1 м$^3$ ГТҚ отынына қатысты сығымдағыштың энергия тепе-теңдігі

Кіріс:
Газ турбинасына кіретін түтін газының энергиясы:

$$w_{дг.вс} = I_{3де} = 74530{,}235 \frac{кДж}{м^3}.$$

Шығын:
ГТҚ генераторында өндірілетін электр энергиясы, $\frac{кДж}{м^3}$:

$$w_{гвн.тур} = L_т \cdot \eta^{т}_{пр}, \quad (50)$$

$$w_{гвн.тур} = 46975{,}248 \cdot 0{,}94 = 44156{,}73.$$

Турбинадан шығатын түтін газының энергиясы:

$$w_{дг.вых} = I_{4де} = 27554{,}987 \frac{кДж}{м^3}.$$

ГТҚ генераторындағы энергияның таралуы, $\frac{кДж}{м^3}$:

$$Q_{ос}^{гвн.т} = L_т - w_{гвн.тур}, \quad (51)$$

$$Q_{ос}^{гвн.т} = 46975{,}248 - 44156{,}673 = 2818{,}518.$$

Энергияның суммалық шығыны, $\frac{кДж}{м^3}$:

$$\sum w_{рас} = w_{гвн.тур} + w_{дг.вых} + Q_{ос}^{гвн.т}, \quad (52)$$

$$\sum w_{\text{рас}} = 44156{,}73 + 27554{,}987 + 2818{,}518 = 74530{,}235.$$

9-кесте – Параметрлер кестесі

| Параметрлер атауы | | Таңба | Мәні | Өлшемі |
|---|---|---|---|---|
| ГТҚ сығымдағышы | | | | |
| 1 | Сығымдағыш алдындағы ауа температурасы | $t_1$= | 12,1 | °С |
| 2 | Сығымдағыштан кейінгі ауа температурасы | $t_3$= | 388,43 | °С |
| 3 | Ауа қысымы | $p_1$= | 0,10 | МПа |
| 4 | Сығу дәрежесі | β= | 19 | |
| 5 | Ауа шығыны | $v_1$= | 31,1 | $м^3/м^3$ |
| 6 | Сығымдағышқа дейінгі ылғал ауа жылусыйымдылығы | $cp_1$= | 1,34 | кДж/($м^3$·°С) |

9-кесте – Параметрлер кестесі

| Параметрлер атауы | | Таңба | Мәні | Өлшемі |
|---|---|---|---|---|
| 7 | Сығымдағыштан кейінгі ылғал ауа жылусыйымдылығы | $cp_3$= | 1,37 | кДж/($м^3$·°С) |
| 8 | Сығымдағышқа дейінгі ауа энтальпиясы | $h_1$= | 26,82 | кДж/$м^3$ |
| 9 | Сығымдағыштан кейінгі ауа энтальпиясы | $h_3$= | 295,03 | кДж/$м^3$ |
| 10 | Адиабата көрсеткіші | k= | 1,40 | |
| ГТҚ жану камерасы | | | | |
| 1 | Отын температурасы | $t_4$= | 20,00 | °С |
| 2 | Отынның физикалық энтальпиясы | $h_4$= | 29,70 | кДж/$м^3$ |
| 3 | Отын шығыны | $B_4$= | 3,7 | $м^3$/с |
| 4 | Отынның төменгі жану жылуы | $Q_{нр}$= | 36988,45 | кДж/$м^3$ |
| 5 | ПГ тығыздығы | $ρ_{пг}$= | 0,77 | кДж/$м^3$ |
| ГТҚ газ турбинасы | | | | |
| 1 | Турбина алдындағы газ қысымы | $p_5$= | 0,60 | Мпа |
| 2 | Турбинадан кейінгі газ қысымы | $p_7$= | 0,10 | Мпа |
| 3 | Турбинадан кейінгі газ температурасы | $t_7$= | 538,00 | °С |
| 4 | Турбина алдындағы газ жылусыйымдылығы | $cp_5$= | | кДж/$м^3$ |
| 5 | Турбинадан кейінгі газ жылусыйымдылық | $cp_7$= | 1,39 | кДж/$м^3$ |
| 6 | Турбинадан кейінгі энтальпия | $h_7$= | 746,74 | кДж/$м^3$ |

## 4 Екі контурлы ҚУ (қазандық-утилизатор) есептеу

Жылулық сызбаға үш бірдей ГТҚ (газтурбиналық қондырғы), үш бірдей ҚУ (қазандық-утилизатор), деаэратор және жұмсалған бу конденсациясы бар бу турбинасы кіреді. Үш ҚУ-дың төменгі қысым контурларының құбырөткізгіштері жалғанған коллекторлары арқылы деаэратор қоректенеді.

Үш параллель жасайтын ГТҚ өзінің ҚУ-на пайдаланылған газын тастайды.

Үш ҚУ-дың жоғары қысым контурларынан шығатын қызған газдың ағыны ортақ коллекторда араласып бу турбинасына жіберіледі. Төмен қысымды контурдан шыққан бу ағындары да бір-бірімен араласып ТҚБ (төменгі қысым бөлігі) алдында орналасқан араласу камерасына өтеді.

### 4.1 ҚУ есебі үшін ГТ-ның қажет мәндері

Әр ГТҚ -ның келесі сипаттамасы бар:

– электр қуаты $N_э$ = 47 МВт;
– пайдаланылған газдардың номинал шығыны $G_г$ = 131,5 кг/с;
– турбина типі - осьтік;
– газдардың шығардағы температурасы $\theta_d$ = 544˚ С;
– ГТҚ элетктр ПӘК-і $\eta^{ГТҚ}_э$ = 37,5%.

ГТҚ пайдаланылған газдары атмосфералық ауа мен таза жану өнімдерінен тұрады:

– сыртқы ауа температурасы $t_{н.в}$ = 15˚С, қысым $p_{н.в}$= $10^5$Па;
– конденсатордағы қысым $p_к$= 5кПа, ылғалдылық у= 10%;
– ҚУ контурларындағы қысым $p_0^{вд}$ = 7 МПа, $p_0^{нд}$ =0,7 МПа;
– деаратор қысымы $p^д$=0,7 МПа.

Бу және су энтальпиясын кестеге сай анықтаймыз. Қажет температура напорларын есептеу барысында алып отырамыз.

Келесі есептеулер кезінде ҚУ жолының гидравликалық әсерінен болатын қысым төмендеуін және су қысымының насостарда жоғарылауына байланысты судың энтальпясы мен температурасы жоғарылауын ескермейміз.

### 4.2 Қазандық-утилизаторды есептеу

SGT-800 газ турбинасына таңдалған қазандық утилизатор - Эмальянс фирмасының Е-57,5/12,7-7,4/0,6-520/280. Мұндағы 1-ші контурдағы бу шығыны – 57,5 т/сағ, бу қысымы – 7,4 МПа, бу температурасы – 520 ºС. Екінші контурдағы

бу шығыны – 12,7 т/сағ, бу қысымы – 0,6 МПа және бу температурасы – 280 ºС. Берілген сызба бойынша ҚУ-дың әртүрлі элементтеріне сәйкес келетін жылулық және материалдық баланс теңдеулерін құруға болады. Материалдық баланс теңдеуі ортаның ағысының стационарлық күйін сипаттайды.

Бір жоғары қысымды ҚУ-дың буқыздырғыш пен буландырғыштың бірегей беттері үшін жылулық баланс теңдеуі келесідей:

$$G_{\text{г}}\left(I_d - I_{\text{эк}}^{\text{В.Д}}\right) = G_{\text{п}}^{\text{В.Д}}\left(h_0^{\text{В.Д}} - h_{\text{эк}}^{\text{В.Д}}\right) \quad (53)$$

мұндағы

$G_{\text{г}}$=356 кг/с - бір ГТҚ дан шығатын газ шығыны;

$I_d$ = 586,5кДж/кг - ГТҚ дан шығатын газ энтальпиясы,

$h_0^{\text{вд}}$= 3458,1 кДж/кг - ҚУ жоғары қысым қыздырғышының шығар жеріндегі бу энтальпиясы $p_0^{\text{вд}}$ = 7 МПа кезінде ;

$t_0^{\text{вд}}$= 520˚ С; $h_{\text{эк}}^{\text{вд}}$ = 1267 кДж/кг - жоғары қысымды экономайзерден шығардағы су энтальпиясы (қанығу күйінде).

Температура напорын $\delta t_{\text{эк}}$ =31˚ С деп алып, газ температурасын табамыз, ˚С:

$$\theta_{\text{эк}}^{\text{В.Д}} = t_{\text{г}} + \delta t_{\text{эк}}\ , \quad (54)$$

$$\theta_{\text{эк}}^{\text{В.Д}}=264+31=295.$$

Содан кейін сол бойынша жоғары қысымды экономайзер алдындағы газдар энтальпиясын табамыз $I_{\text{эк}}^{\text{вд}}$=310 кДж/кг.

(56) теңдеуінен бір ҚУ мен алынатын жоғары қысымды бу шығынын анықтаймыз, кг/с:

$$G_{\text{п}}^{\text{В.Д}} = G_{\text{г}}\left(I_d - I_{\text{эк}}^{\text{В.Д}}\right)/\left(h_0^{\text{В.Д}} - h_{\text{эк}}^{\text{В.Д}}\right), \quad (55)$$

$$G_{\text{п}}^{\text{В.Д}}=394,5(586,5-310) / (345,8 – 1267)=49,7$$

Жоғары қысымды контурлы экономайзер үшін келесі теңдеу қолданамыз:

$$\mathrm{G_г}\left(\mathrm{I_{эк}^{В.Д}} - \mathrm{I_{ух}^{В.Д}}\right) = \mathrm{G_п^{В.Д}}\left(\mathrm{h_{эк}^{В.Д}} - \mathrm{h_д}\right), \quad (56)$$

мұндағы

$h'_{\text{д}}$ = 697 кДж/кг - деаэратордан келетін қоректік су энтальпиясы,

$I_{\text{ух}}^{\text{вд}}$- жоғары қысым контурының жылуалмастырғыштарынан шығатын газдар энтальпиясы, кДж/кг:

$$I_{ух}^{В.Д} = I_{эк}^{В.Д} - G_{п}^{В.Д}(h_{эк}^{В.Д} - h_{д})/G_{г}, \quad (57)$$

Ол газдар температурасына сәйкес келеді $\theta_{ух}^{вд} = 226^{\circ}C$.

ҚУ-дың төменгі қысым контурының буқыздырғышы мен буландырғыштарының бірегей беттері үшін:

$$G_{г}\left(I_{ух}^{В.Д} - I_{ГПК}\right) = G_{п}^{Н.Д}(h_{0}^{Н.Д} - h_{эк}^{Н.Д}) , \quad (58)$$

Осы қатынаста ГКҚ (газконденсатты қыздырғыш) - қа кірердегі газдар энтальпиясы $I_{гпк}$ температура бойынша анықталады, °С:

$$\theta_{0}^{Н.Д} = t_{г} + \delta t_{0}^{Н.Д}, \quad (59)$$

$$\theta_{0}^{Н.Д} = 152 + 20 = 172.$$

мұндағы

$\delta t_{0}^{нд} = 30^{\circ}C$ пинч - нүктеде таңдалған температуралық напор.

Төменгі қысым контурынан шығатын, бу энтальпиясы контур қысымы бойынша анықталады $p_{0}^{нд} = 0,7$ МПа және температура бойынша , ºС:

$$t_{0}^{нд} = \theta_{ух}^{вд} - \delta t_{0}^{нд} , \quad (60)$$

$$t_{0}^{нд} = 226 - 30 = 196.$$

Онда $h_{0}^{нд} = 2835^{\circ}C$. Төменгі қысым контурындағы су энтальпиясы $h_{б}^{нд}=697$ кДж/кг.

ҚУ төменгі қысым контурынан бу шығынын есептейміз, кг/с:

$$G_{п}^{Н.Д} = G_{г}\left(I_{ух}^{В.Д} - I_{ГПК}\right)/(h_{0}^{Н.Д} - h_{эк}^{Н.Д}) , \quad (61)$$

$$G_{п}^{Н.Д}=394,5(238,2-180)/(2835-697)=10,7.$$

ГКҚ кірердегі қоректік су температурасын $t_{пв}= 60^{\circ}$ С. Онда оған сәйкес келетін энтальпия мәні $h_{пв} = 251$ кДж/кг.

ГКҚ және деаэраторда конденсат қыздырылуы тегіс жүреді деп қарастырамыз. ГКҚ үшін су энтальпиясын $h_{гпк}= 110^{\circ}C$.

Деаэратор үшін жылулық баланс теңдеуінен аламыз:

$$[2(G_{п}^{В.Д} + G_{п}^{Н.Д}) - G^{Д}]h_{ГПК} + G^{Д}h_{0}^{Н.Д} = 2(G_{п}^{В.Д} + G_{п}^{Н.Д})h_{д}. \quad (62)$$

Деаэраторға кететін бу шығынын есептейміз, кг/с:

$$G^{Д} = 2(G_{п}^{В.Д} + G_{п}^{Н.Д})\frac{h_{д} - h_{ГПК}}{h_{0}^{Н.Д} - h_{ГПК}}, \quad (63)$$

$G^{Д}$=2(49,7+10,7)(697-460)/(2835-460)=28629,6/2375=12.

Рециркуляция сызығы және конденсатордан конденсат ағындарының араласу нүктесі үшін жылулық баланс теңдеуі:

$$[2(G_{п}^{В.Д} + G_{п}^{Н.Д}) - G^{Д}]h_{к} + G^{Р}h_{ГПК} = [2(G_{п}^{В.Д} + G_{п}^{Н.Д}) - G^{Д} + G^{Р}]h_{п.в.} \quad (64)$$

мұндағы

$h_{к}$ = 138 кДж/кг, $p_{к}$=5 кПа кезіндегі қанығу кезіндегі конденсат энтальпиясы. Рециркуляция шығынын табуға мүмкіндік береді, кг/с:

$$G^{Р} = [2(G_{п}^{В.Д} + G_{п}^{Н.Д}) - G^{Д}](h_{п.в} - h_{к})/(h_{ГПК} - h_{п.в}), \quad (65)$$

$G^{Р}$=[2(10,7+49,7)-12](251-138) / (460-251) = 12294,4/209=58,8.

ГКҚ қондырғы үшін жылулық баланс теңдеулерінен:

$$G_{г}(I_{ГПК} - I_{ух}) = \left(G_{п}^{В.Д} + G_{п}^{Н.Д} - \frac{G^{Д}}{2} + \frac{G^{Р}}{2}\right)(h_{ГПК} - h_{п.в}) \ , \quad (66)$$

ҚУ шығын газдарының энтальпиясын табамыз, кДж/кг:

$$I_{ух} = I_{ГПК} - \left(G_{п}^{В.Д} + G_{п}^{Н.Д} - \frac{G^{Д}}{2} + \frac{G^{Р}}{2}\right)(h_{ГПК} - h_{п.в})/G_{r} \ , \quad (67)$$

$I_{ух}$=180 - (49,7+10,7-12/2+58,8/2)-(460-251) /394,5=135,6.

ҚУ ПӘК-ін төмендегі формуласымен табамыз:

$$\eta_{ку}=(\theta_{d}-\theta_{ух})/(\theta_{d}-\theta_{A}), \quad (68)$$

$\eta_{ку}$ = 544-120/544-15=0,8.

ГТҚ газдарымен бутурбиналық циклға берілген жылу, кДж/кг:

$$Q_{газ} = 2G_{г}(I_{d} - I_{ух}), \quad (69)$$

$Q_{газ}$=2·394,5(586,6-135,6)=355760.

Бумен алынған, кВт:

$$Q_{\text{пар}} = 2G_{\text{п}}^{\text{В.Д}} h_0^{\text{В.Д}} + \left(2G_{\text{п}}^{\text{Н.Д}} - G^{\text{Д}}\right) h_0^{\text{Н.Д}} - [2(G_{\text{п}}^{\text{В.Д}} + G_{\text{п}}^{\text{Н.Д}}) - G^{\text{Д}}] h_{\text{к}}\ , \qquad (70)$$

$Q_{\text{пар}}$=2·49,7·3458 + (2·10,7-12)2835-[2(49,7+10,7)-12]138=355359,8.

Алынған шамалар айырмашылығы 0,03% -дан аспайды, ол есептеулер дұрыстығының дәлелі. Келесі есептеулерде бір ҚУ жылулық қуатын:

$Q_{\text{ку}}$= 355559,9/2 = 177779,9 кВт.

Бір ҚУ-дағы жеке элементтердегі суға (буға) келетін жылу.
ГКҚ үшін, кВт:

$$Q_{\text{ГПК}} = \left(G_{\text{п}}^{\text{В.Д}} + G_{\text{п}}^{\text{Н.Д}} - \frac{G^{\text{Д}}}{2} + \frac{G^{\text{Р}}}{2}\right)(h_{\text{ГПК}} - h_{\text{п.в}}), \qquad (71)$$

$Q_{\text{ГПК}}$= (49,7+10,7-12/2+58,2/2)(460-251)=17514,2.

Төмен қысымды буландырғыш үшін, кВт:

$$Q_{\text{исп}}^{\text{Н.Д}} = G_{\text{п}}^{\text{Н.Д}} \cdot r^{\text{Н.Д}}\ , \qquad (72)$$

$Q_{\text{исп}}^{\text{Н.Д}}$=10,7·2065,8=22104.

мұндағы
$r^{\text{нд}}$ = 2065,8 кДж/кг - $p_0^{\text{нд}}$ қысымы бойынша анықталатын булану жылуы; төменгі қысым буқыздырғышы үшін, кВт:

$$Q_{\text{пп}}^{\text{Н.Д}} = G_{\text{п}}^{\text{Н.Д}}(h_0^{\text{Н.Д}} - h''^{\text{Н.Д}}_{s})\ , \qquad (73)$$

$Q_{\text{пп}}^{\text{Н.Д}}$=10,7(2835-2762,9)=771,47.

мұндағы
$h''^{\text{нд}}$ = 2762,9 кДж/кг – $p_0^{\text{НД}}$ қысымы кезіндегі қаныққан бу энтальпиясы, жоғары қысымды экономайзер үшін, кВт:

$$Q_{\text{эк}}^{\text{В.Д}} = G_{\text{п}}^{\text{В.Д}}(h_{\text{эк}}^{\text{В.Д}} - h_0^{\text{Н.Д}})\ , \qquad (74)$$

$Q_{\text{эк}}^{\text{В.Д}}$=49,7(1267-697)=28329.

Жоғары қысымды буландырғыш үшін, кВт:

$$Q_{\text{исп}}^{\text{В.Д}} = G_{\text{п}}^{\text{В.Д}} \cdot r^{\text{В.Д}}\ , \qquad (75)$$

$$Q_{исп}^{В.Д}=49,7\cdot 1503,7=74733,8.$$

мұндағы

$г^{вд}$=1503,7 кДж/кг – $p_0^{вд}$ қысымы бойынша анықталатын булану жылуы; жоғары қысымды буқыздырғыш үшін,кВт:

$$Q_{пп}^{В.Д} = G_{п}^{В.Д}(h_0^{В.Д} - h''^{В.Д}_s) \text{ ,} \tag{76}$$

$$Q_{пп}^{В.Д}= 49,7(3458-2771,4)=3412.$$

мұндағы

$h''^{вд}_s$=2771,4 кДж/кг – $p_o^{вд}$ қысымы кезінде қаныққан бу энтальпиясы.

Сәйкес салыстырмалы шамалар:

$$Q_{ГПК} = Q_{ГПК}/Q_{ку} \text{ ,} \tag{77}$$

$$Q_{ГПК} =17514,2/177779,9=0,09.$$

$$Q_{исп}^{Н.Д} = Q_{исп}^{Н.Д}/Q_{ку} \text{ ,} \tag{78}$$

$$Q_{исп}^{Н.Д}=22104/177779,9=0,124.$$

$$Q_{пп}^{Н.Д} = Q_{пп}^{Н.Д}/Q_{ку} \text{ ,} \tag{79}$$

$$Q_{пп}^{Н.Д}= 771,47/177779,9=0,004.$$

$$Q_{эк}^{В.Д} = Q_{эк}^{В.Д}/Q_{ку}, \tag{80}$$

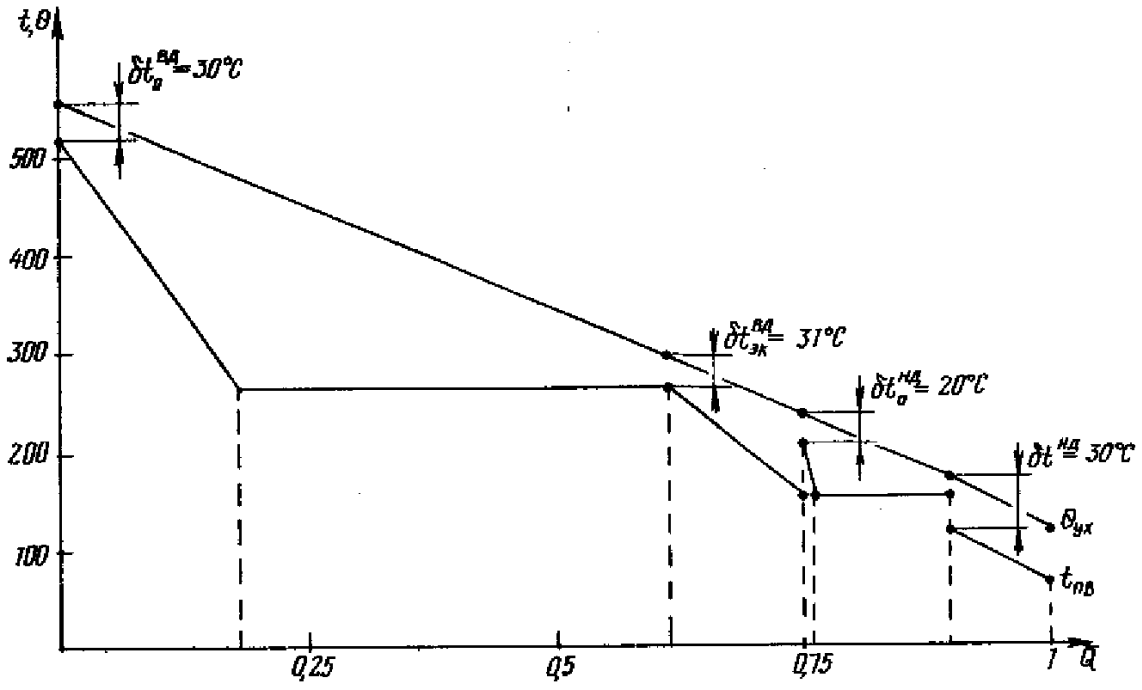
$$Q_{эк}^{В.Д}=28329/177779,9=0,159.$$

$$Q_{исп}^{В.Д} = Q_{исп}^{В.Д}/Q_{ку} \text{ ,} \tag{81}$$

$$Q_{исп}^{В.Д}=74733,8/177779,9=0,42.$$

$$Q_{пп}^{В.Д} = Q_{пп}^{В.Д}/Q_{ку}, \tag{82}$$

$$Q_{пп}^{В.Д}=3412/177779,9=0,192.$$




4-сурет – Жылулық диаграмма

### 4.3 Бу турбинасын есептеу

Ішкі салыстырмалы бу турбинасының ПӘК-і екі кезеңде жуықталған формулалар бойынша жүргізіледі. Алдымен жоғары қысым бөлігінің ПӘК-ін анықтаймыз (ҚУ-ның төмен қысымды контурындағы бу ағынымен араласпас бұрын) $\eta_{0i}^{вд}$, сонымен қатар араласу камерасына кірердегі бу ағынының параметрлері, одан кейін араласу камерасындағы бу ағынының параметрлері және төменгі қысым бөлігінің ішкі салыстырмалы ПӘК-ін $\eta_{0i}^{нд}$ (араласу камерасынан конденсаторға дейін). Будың турбинада ұлғаю процесі h-s диаграммада көрсетілген (4 сурет).

Бу турбинасы дроссельдік бу үлестірумен жасалған деп алайық. Онда $\eta_{0i}^{вд}$ жуықталған эмпирикалық формуламен анықтауға болады:

$$\eta_{0i}^{В.Д} = \left(0.92 - \frac{0.2}{G\nu_{ср}}\right) \cdot \left(1 + \frac{H_0^{гр} - 7 \cdot 10^2}{2 \cdot 10^4}\right) k_{вл}, \qquad (83)$$

мұндағы

$\nu_{ср} = (\nu_0 \nu_z)^{0.5}$ , ал $H_0^{В.Д} = 623$ кДж/кг –сатылар тобының жылулық өзгерісі, $k_{вл} = 1$ (сатылар тобы қызған бумен жұмыс жасайды).

h-s-диаграммасын қолдана отырып турбинаға кірердегі будың меншікті көлемін $\nu_0 = 0{,}07$ м$^3$/кг және жоғары қысым бөлігінен (ЧВД) шығардағы будың меншікті көлемін табамыз $\nu_z = 0{,}45$ м$^3$/кг; $\nu_{ср} = 0{,}177$ м$^3$/кг.

Жаңа бу шығыны бойынша, кг/с:

$$G_п^{вд}=2\cdot 49,7=99,4. \quad (84)$$

(86) формуласы бойынша төмендегіні аламыз:

$$\eta_{0i}^{В.Д}=(0,92-0,2/99,4\cdot 0,177)(1+(623-700)/2\cdot 10^4))=0,9.$$

Қолданылған жылулық өзгеріс:

$$H_i^{В.Д}=H_0\cdot\eta_{0i}^{В.Д}, \quad (85)$$

$$H_i^{В.Д}=623\cdot 0,9=560.$$

Жоғары қысым бөлігінен шығардағы бу энтальпиясы:

$$h_к^{В.Д}=h_0^{В.Д}-H_i^{В.Д}, \quad (86)$$

$$h_к^{В.Д}=3458-560=2898.$$

Төменгі қысым бөлігіне дейінгі бу энтальпиясы мына формуламен анықталады, кДж:

$$h_{см}^{Н.Д}=\left[2G_п^{В.Д}h_к^{В.Д}+\left(2G_п^{Н.Д}-G^Д\right)h_0^{Н.Д}\right]/[2\left(G_п^{В.Д}+G_п^{Н.Д}\right)-G^Д], \quad (87)$$

$$h_{см}^{Н.Д}=(2\cdot 49,7\cdot 2898+(2\cdot 10,7-12)2835)/(2\cdot(49,7+10,7)-12))=2892.$$

Осылайша төменгі қысым бөлігіне кірерде бу параметрлері: $h_0^{см}$=2892кДж/кг, $p_0^{нд}$=0,7Мпа, $t_0^{нд}$=196˚С

Төменгі қысымды бөліктің ПӘК-ін есептеу үшін эмпирикалық тәуелділікті қолданамыз:

$$\eta_{0i}^{Н.Д}=0,87\left(1+\frac{H_0^{Н.Д}-400}{10^4}\right)k_{вл}-\Delta H_{в.с}/H_0^{Н.Д}. \quad (88)$$

мұндағы

$H_0^{Н.Д}$=762кДж/кг –төменгі қысым бөлігінен жылулық өзгеруі.

$\Delta H_{в.с}$ –шығу жылдамдығымен кететін шығын:

$$\Delta H_{в.с}=0,5\cdot 10^{-3}\left(\frac{G_к v_к}{\Omega}\right)^2\cdot\left(1-\left(\frac{0,1}{\theta_z-1}\right)\right). \quad (89)$$

Соңғы сатының жұмысшы қалақшасының ұзындығын будың көлемдік шығынын анықтау арқылы табамыз. Төменгі қысым бөлігіне шығардағы бу шығыны:

$$G_{\Sigma} = 2\left(G_{\text{п}}^{\text{В.Д}} + G_{\text{п}}^{\text{Н.Д}}\right) - G^{\text{Д}}. \quad (90)$$

$P_{\text{к}} = 5$ кПа қысымы және төменгі қысым бөлігіне кірердегі бу параметрлері кезінде будың меншікті көлемін h-s-диаграммада анықтауға болады: $v_{\text{к}} = 25\ \text{м}^3/\text{кг}$ . Көлемдік шығын $Gv = Gv_{\text{к}} = 1958{,}4\ \text{м}^3/\text{с}$ , $\Delta H_{\text{в.с}}$=18кДж/кг.

Ылғалдылық әсерін ескеретін коэффициент:

$$k_{\text{вл}} = 1 - 0{,}4(1 - \gamma_{\text{вл}})(y_0 + y_z)\left(\frac{H_0^{\text{вл}}}{H_0^{\text{гр}}}\right), \quad (91)$$

мұндағы

$H_0^{\text{гр}} = H_0^{\text{Н.Д}} = 762$ кДж/кг;

$H_0^{\text{вл}}$=504кДж/кг

$y_0 = 0$ , $y_z = 0{,}1$ , $\gamma_{\text{вл}} = 0{,}1$

$$k_{\text{вл}} = 0{,}97.$$

Төменгі қысым цилиндрінің ПӘК-і (ЦНД):

$$\eta_{0i}^{\text{Н.Д}}=0{,}87(1+(762-400)/10^2))\cdot 0{,}97-18/762=0{,}85.$$

Төменгі қысым цилиндрінің қолданған жылулық өзгерісі (ЦНД), кДж/кг:

$$H_i^{\text{Н.Д}} = H_0 \cdot \eta_{0i}^{\text{Н.Д}}, \quad (92)$$

$$H_i^{\text{Н.Д}}=762\cdot 0{,}85=647{,}7.$$

Ұлғаю процесінің соңында бу энтальпиясы:

$$h_{\text{к}}^{\text{Н.Д}} = 2244{,}3\,\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

h-s-диаграммасы бойынша будың ұлғаю процесінің соңында ылғалдылықты анықтаймыз y=10%.

Бу турбинасының ішкі қуаты, кВт:

$$N_i^{\text{п.т}} = 2G_{\text{п}}^{\text{В.Д}}H_0^{\text{В.Д}}\eta_{0i}^{\text{В.Д}} + \left[2\left(G_{\text{п}}^{\text{В.Д}} + G_{\text{п}}^{\text{Н.Д}}\right) - G^{\text{Д}}\right]H_0^{\text{Н.Д}}\eta_{0i}^{\text{Н.Д}}, \quad (93)$$

$N_i^{п.т}$=2·49,7·623·0,9+[2(49,7+10,7)-12]·762·0,85=126203,34.

Бу турбинасының куаты, кВт:

$$N_0^{п.т} = 2G_п^{В.Д}H_0^{В.Д} + [2\left(G_п^{В.Д} + G_п^{Н.Д}\right) - G^{Д}]H_0^{Н.Д}, \quad (94)$$

$N_0^{п.т}$=2·49,7·623+[2(49,7+10,7)-12]762144831,8.

Бу турбинасының салыстырмалы қуатты ішкі ПӘК:

$$\eta_{0i}^{п.т} = N_i^{п.т}/N_0^{п.т}\ , \quad (95)$$

$\eta_{0i}^{п.т}$=126203,34/144831,8=0,87.

## 4.4 БГҚ экономикалық көрсеткіштерін анықтау

Механикалық ПӘК-і $\eta_м$ = 0,99 , ал БТҚ электр генераторының ПӘК-і $\eta_{эг}^{БТҚ}$ = 0,98.

БТҚ абсолюттік ішкі ПӘК-і:

$$\eta_i^{БТҚ} = N_i / Q_{ку}\ , \quad (96)$$

$\eta_i^{БТҚ}$ = 126203,34/355559,9=0,35.

Бу айдау қондырғысының (БАҚ) абсолютті электрлік ПӘК-і

$$\eta_э^{БАҚ} = \eta_i^{БТҚ}\ \eta_{ку}\ \eta_{ку}\ \eta_{эг}, \quad (97)$$

$\eta_э^{БАҚ}$ = 0,35·0,8·0,99·0,98 = 0,271.

БГҚ электрлік қуаты, МВт:

$$N_э^{БГҚ} = 3\ N_э^{ГТҚ} + N_i^{пт}\ \eta_м\ \eta_{эг}\ , \quad (98)$$

$N_э^{БГҚ}$ = 3·47 + 126203,34 кВт · 0,99 · 0,98 = 236,88 МВт.

ГТҚ-дағы жану камерасына жіберілетін жылу, МВт:

$$Q_{к.с.} = 3\ N_э^{БГҚ}/\eta_э^{ГТҚ}, \quad (99)$$

$$Q_{к.с} = 3 \cdot 47 / 0{,}375 = 376 .$$

БГҚ абсолют электрлік ПӘК-і:

$$\eta_э^{БГК} = N_э^{БГК} / Q_{к.с.} , \qquad (100)$$

$$\eta_э^{БГК} = 236{,}88 / 376 = 0{,}63.$$

## 5 БГҚ технико-экономикалық көрсеткіштерді есептеу

10-кесте – Бастапқы мәліметтер

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Отынның жылу өткізгіштік қабілеттілігі (газ) | | Qөт | ккал/м³ | 9066 |
| Отын бағасы | | Бо | теңге/мың м³ | 2376 |
| Газдың тығыздығы | | Р | кг/м³ | 0,76 |
| Электр энергияның жылдық өндіруі | | Wв | МВт сағ/жыл | 794 400 |
| Жылу энергияның жылдық өндіруі | | Qөнд | мың.Гкал | 2534 |
| Өзіндік мұқтаждыққа жұмсалған шығыс | Электр энергиясы | Эм | % | 6,0 |
| | Жылу энергиясы | Qөм | % | 1,0 |

Электр және жылу энергиясының жылдық жіберуі, мың МВтсағ:

$$Эжіб = Эөнд \cdot (1 – Эжқ), \quad (101)$$

$$Эжіб = 1875000 \cdot (1-0,06)=1762,5.$$

Жылу энергиясының жылдық жіберілуі, мың Гкал:

$$Qжіб = Qөнд \cdot (1 – Qжқ), \quad (102)$$

$$Qжіб =2560 \cdot (1-0,01)=2534,4.$$

### 5.1 Отын шығынын есептеу

Электр және жылу энергиясын өндіруге қажет отынның жылдық шығыны, т.ш.о:

$$Вэ = Эөнд \cdot bэ, \quad (103)$$

$$Вэ = 1762500 \cdot 0,25 = 440\ 625.$$

$$Вж = Qөнд \cdot bT, \quad (104)$$

$$Вж =2534,4 \cdot 0,2= 506900.$$

ЖЭО-ның жалпы отын шығыны, мың т.ш.о:

$$Вш = Вэ + Вж , \quad (105)$$

$$Вш = 440625+506900 = 947,5.$$

$$Вт = 947,5 \cdot 760 = 720,1 \text{ млн.м}^3.$$

Отын шығысы, млн. теңге:

$$Ио = Вт \cdot Цо, \quad (106)$$

$$Ио =1762,5 \cdot 2376=1710,95.$$

Су шығысын анықтау, млн.теңге:

$$Ису = Эөнд \cdot 0,15, \quad (107)$$

$$Ису =1875 \cdot 0,15=281,25.$$

## 5.2 Жалақыны есептеу

Станциядағы қызметкерлер саны, адам:

$$ҚС = Кш \cdot No , \quad (108)$$

$$ҚС = 0,96 \cdot 117= 112.$$

Орташа жылдық еңбекақы мөлшерін бір жұмысшыға 1100 мың теңге деп есептеуге болады, млн.теңге:

$$И_{нег.ең.}=1100 \cdot 112=123,2.$$

Қосымша еңбекақы мөлшерін $И_{нег.ең.}$ мәнінің 10-15% деп алуға болады, млн. теңге:

$$И_{қос.ең.}=0,15 \cdot 123,2= 18,48.$$

Жалақыға есептелген төлем $И_{қос.ең}$ мен $И_{нег.ең}$ жалпы соммасының 21,5% мөлшерін құрайды, млн.теңге:

$$И_{еңб.}=1,215 \cdot (123,2+18,48)=172,1.$$

Амортизация мөлшері К шама 7%-на тең деп алуға болады, млн. теңге:

$$И_а = 0,07 \cdot К, \quad (109)$$

$$И_а = 0,07 \cdot 29835 = 2088,5.$$

К шамасы, млн.теңге:

$$К = К_{сал} \cdot No, \quad (110)$$

$$К = 1700 \cdot 117 \cdot 181 = 29835.$$

Ағымдық жөндеу жұмыстарының шығыны, млн.теңге:

$$И_{жөн} = 0,15 \cdot Иа, \quad (111)$$

$$И_{жөн} = 0,15 \cdot 2088,5 = 313,3$$

Газ жаққан кездегі шығарындылар үшін төлем 1000 м³-ға 30 теңге деп қабылданды, млн. теңге:

$$И_{шығ.} = 527,1 \cdot 30 = 15,8 .$$

Жалпы станцияның шығыны, млн. теңге:

$$И_{жалпы} = 0,2\text{-}0,25 \cdot (И_а + И_{жалақы} + И_{жөн}), \quad (112)$$

$$И_{жалпы} = 0,2 \cdot (2088,5 + 172,1 + 313,3) = 514,78.$$

Шығыстарды бөлу коэффициенті:

$$К_ш = Вэ/Ву, \quad (113)$$

$$К_ш = 186,7/693,6 = 0,27.$$

## 5.3 Кәсіпорынның шығысы

Электр энергиясын жіберудің өзіндік құны, теңге/кВт сағ:

$$S_э = И_о + И_{су} + И_{жал} + И_а + И_ж + И_{жалпы} + И_{шы}/Q_{жал}, \quad (114)$$

$$S_э = 1261/746,74 = 1,69.$$

Жылу энергиясын жіберудің өзіндік құны, теңге/Гкал:

$$S_ж=И_о+И_{су}+И_{жал}+И_а+И_ж+И_{жалпы}+И_{шы}/Q_{жал}, \quad (115)$$

$$S_ж =3225,38/2534,4=1273.$$

Пайдалы жіберілімдегі жалпы ақша түсімі, млн.теңге:

$$П_э=1,69\cdot 746,74=1261,99.$$

11-кесте – Кәсіпорынның шығысы

| Шығыстар | И, жалпы, млн. тг | $И_э$,эл.энергия млн.тг. | $И_ж$, жылу, млн.тг. |
|---|---|---|---|
| Отын, $И_о$ | 1710,95 | 387,09 | 865,31 |
| Су, $И_{су}$ | 281,25 | 34,97 | 94,54 |
| Жалақы қоры, $И_{жал}$ | 172,1 | 46,47 | 125,6 |
| Амортизация, $И_а$ | 2088,5 | 563,89 | 1524,6 |
| Жөндеу, $И_{жөн}$ | 313,3 | 84,59 | 228,7 |
| Жалпы станциялық, $И_{жс}$ | 514,78 | 138,9 | 375,8 |
| Шығарындылар, $И_{шығ}$ | 15,8 | 4,98 | 10,82 |
| Барлығы | 5096,68 | 1261 | 3225,38 |

## 5.4 Инвестицияның өтелу мерзімін PP есептеу

Бұл әдіс бастапқы инвестициялардың сомасын өтеуге қажет уақытты анықтауға негізделген. CF жылдар бойынша тең болғанда:

Мөлшері 20 % тең табыс салығын төлегеннен кейін таза пайда шығады, млн.теңге:

$$ТП = П \cdot (1-0,2), \quad (116)$$

$$ТП= 1261,99,22\cdot 0,8 = 1009,5$$

Өтелу мерзімі, жыл:

$$PP=I_0/CF_{n,} \quad (117)$$

$$PP= 5096,68/1009,5= 5.$$

Өтелу мерзімі 5 жыл.

# ҚОРЫТЫНДЫ

Қазақстан жері энергетикалық ресурстарға (мұнай, көмір, уран) бай және табиғи энергия көздерін сату арқылы пайда алатын шикізат көзінің елі болып табылады (экспорттың 80%-ы шикізат, бірақ өндірістік экспорт үлесі жылдан жылға азаюда). 2010 жылға дейін Қазақстан электрэнергияның нетто-экспортшысы болған болса, 2010 жылдан кейін нетто-импортшы болды, яғни қолданатын энергия үлесі өндірілетін энергия үлесінен әлдеқайда жоғары.

Ақтау қаласына ұсынылған номиналды қуаты 250 МВт болатын бугаздық қондырғы жобасы Қазақстан Республикасының стратегиялық бағдарламасының маңызды бөлімі болып табылатын 2050 жылға дейінгі электрэнергетиканың даму негізінде жобаланды. Бугаздық қондырғының негізгі құраушы элементтері: газ турбиналық қондырғы, шығын газдардың жылуының белгілі бөлігі утилизацияланатын жылуалмастырғыш аппарат және бутурбиналық қондырғы.

Бугаздық қондырғының көптеген артықшылықтары, соның ішінде үнемділік, құрылыстың қысқа мерзімі, басқа қондырғылармен салыстырғандағы жоғарғы ПӘК мәні, арзандығы осы қондырғыны салуға еш күмән тудырмайды. Сонымен қатар қолданатын отын түрі табиғи газ болғандықтан артық шығын кетпейтінін де ескеру керек.

Бугаздық қондырғы – экологиялық тұрғыда ең таза қозғалтқыш. Бұл, ең алдымен, оның жоғары ПӘК мәнімен түсіндіріледі – себебі электр энергиясына түрлендіре алмаған отындағы жылу қоршаған ортаға лақтырылып, оның жылулық ластануы жүреді. Сондықтан БГҚ-да жылулық залалды заттардың шығуын төмендету бу айдау қондырғысымен салыстырғанда электр энергиясын өндіруге кететін отынның төмендеу шамасына тең болады.

БГҚ азот оксидін айтарлықтай аз бөледі. Ол тек ГТҚ-да газ жандырылып, ал көптеген ЖЭС-да бу айдау қондырғылары көмірде жасайтын болғандықтан емес, сонымен қоса энергетикалық қазандықтар оттығында ауаның артық мөлшерімен және жоғары температурадағы отын-ауа қоспасында ұзақ болуымен диффузиялық (кинетикалық емес) жану принципі қолданылғандықтан.

Бугаздық қондырғы – өте оңтайлы қозғалтқыш. Онымен тек автономды ГТҚ тең келе алады. Потенциалды жоғары оңтайлылығы оның сызбасында ГТҚ болуымен сипатталады. Мұнда жүктеме өзеруі санаулы минутта іске асады. Салыстырмалы түрде алатын болсақ бүкіштік ЖЭО белгілі мөлшерде энергияны өңдеп шығару үшін кем дегенде 12 сағ. жалпы 22 сағ. керек болса, БГҚ үшін суық көзден электр энергиясын алу үшін 25-30 мин жеткілікті.

БГҚ қуат бірлігімен бекітілген ынсапты бағаға ие. Ол құрылыс бөлігінің аз көлемімен, күрделі энергетикалық қазандықтың және қымбат түтін құбырының болмауымен, қарапайымдырақ бу турбинасы мен техникалық сумен қамтамасыз ету жүйесін қолданумен байланысты.

Бу айдау және бугаздық ЖЭС-да бірдей қуат кезінде БГҚ-ғы салқын су қолданысы үш есе кіші болады. Бұл БГҚ-ның бу айдау бөлігінің қуаты оның

жалпы қуатының 1/3 құрайтынымен анықталады, ал ГТҚ суды тіптен қажет етпейді.

БГҚ-ның құрылыс циклі өте аз уақытты алады. БТҚ-ды, әсіресе бірбілікті түрлерін, кезеңдерге бөліп енгізуге болады. Бұл инвестиция мәселесін жеңілдетеді. Бугаздық қондырғыларда кемшіліктер өте аз, сондықтан тек оларға қойылатын шектер және қондырғы мен отынға қойылатын талаптар туралы айтқан жөн. Қазақстанда мұнаймен бірге алынатын газ қорының айтарлықтай көп ресурсы бар. Табиғи газдың жануы Қазақстан электрэнергиясының 10%-ын қамтамасыз етеді. Оның негізгі бөлігі еліміздің батыс өңірінде алынады.

Қарастырылып отырған қондырғыларда табиғи газ ғана қолданылуы тиіс. Сұйық отынның ауыр сортын немесе қатты отынды қолдану отын дайындаудың күрделі жүйесіне және пайда болған газды тазалау міндеттілігіне әкеліп соқтырады. Бұл өз кезегінде ПӘК мәнін төмендетеді (42-44 % дейін).

Жобаның техникалық есептеу бөлімінде бугаздық қондырғының негізгі компоненттерінің жылулық есебі келтірілген. Олар: газ турбинасы, қазандық-утилизатор және бу турбинасы. Есептеулерге сай жалпы жобаланған бугаздық қондырғының абсолют электрлік ПӘК-і 63% берді. Қазіргі кезде әлем бойынша газ турбиналарының ең жоғарғы ПӘК мәні 62% болғаны тіркелді.

Жобаның экономикалық бөлігінде қондырғы құрылысының шығыны және сол шығынның қайтарылу мерзімі есептелген. РР әдісі бойынша бұл мерзім жобамен 5 жылды құрады.

# ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ


1 Рыжкин В.Я.Тепловые электрические станции. – М.:Энергоатомиздат, 1987. – 327 б.

2 Костюк А.Г., Фролов В.В Турбины тепловых и атомных электрических станций. – М.: МЭИ, 2001. – 440б.

3 Трухний А.Д., Ломакин Б.В. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки. – М.: МЭИ, 2002. – 303 б.

4 Бузина Д.П. Теплофикационные паровые турбины. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 241 б.

5 Григорьев В.А., Зорин В.М. Теплоэнергетика и теплотехника. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 600 б.

6 Капелович Б.Э. Эксплуатация паротурбинных установок.- М.: Энергия, 1986 – 420 б.

7 Морозов Г.Н., Гиршфельд В.Я. Тепловые электрические станции. – М.:Энергоатомиздат, 1986. – 345 б.

8 СмирновА.Д., Антипов К.М. Справочная книжка энергетика. – М.:Энергоатомиздат, 1984. – 250 б.

9 Абрамов А.И. Повышение экологической безопасности ТЭС. – М.: МЭИ, 2001. – 384 б.

10 Фомина В.Н. Экономика электроэнергетики. – М.: МЭИ, 2005. – 415 б.

11 Самсонов В.С., Вяткин М.А. Экономика предприятий энергетического комплекса. – М.: Высшая школа, 2003. – 515 б.

12 Архипов Л.И, Удыма П.Г. Энергосберегающие технология защиты окружающей среды. – М.: Энергоиздат, 1988. – 106 б.

13 Соловьев Ю.П. Проектирование теплоснабжающих установок для промышленных предприятий. – М.: Энергоиздат, 1978. – 352 б.

14 Рогалев Н.Д. Экономика энергетики. – М.: МЭИ, 2005. –148 б.

15 Лимонов А.И. Экономка производства. – Минск: Росчерк, 2007 – 34 б.

16 Ривкин С.Л., Александров А.А. Теплофизические свойства воды и водяного пара. – М.: Энергоиздат, 1984.–321 б.

17 Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. –М.: Энергия, 1976.–275 б.

18 Баженов К.В., Грачев П.А. Тепловые и атомные электрические станции. - М.: Энергоиздат, 1982.- 255 б.

19 Григорьев В.А., Зорин В.М. Тепловые и атомные электрические станции. –М: Энергоатомиздат, 1989. – 325 б.

20 Абрамов А.И., Елизаров Д.П., Ремезов А.Н. Повышение экологической безопасности. –М.: Энергоиздат, 2002.– 412 б.

21 Архипов Л.И., Удыма П.Г. Энергосберегающие технология защиты окружающей среды. –М.: Энергоиздат, 1988.- 106 б.

22 Цанев С.В., Буров В.Д. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций. – М.: МЭИ, 2002.- 271 б.

23 СТ КазНИТУ-09-2023. Общее требование к построению, изложениям, оформлению и содержанию текстового и графического материала. Работы учебные. Алматы: КазНИТУ имени К.И.Сатпаева, 2023. – 47 с.

**Протокол**

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

**Автор:** Аксауыт Гулзада Бердібайқызы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Ақтау қаласындағы қуаты 250МВт бу газды қондырғының жобасы

**Научный руководитель:** Айнур Нығыманова

**Коэффициент Подобия 1:** 6.6

**Коэффициент Подобия 2:** 1.5

**Микропробелы:** 0

**Знаки из здругих алфавитов:** 108

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

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

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

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

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

☐ Обоснование:

*Дата* 5.06.2023

*Заведующий кафедрой* энергетики

Сарсенбаев Е.А.

**Протокол**

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

**Автор:** Ақсауыт Гулзада Бердібайқызы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Ақтау қаласындағы қуаты 250МВт бу газды қондырғының жобасы

**Научный руководитель:** Айнур Нығыманова

**Коэффициент Подобия 1:** 6.6

**Коэффициент Подобия 2:** 1.5

**Микропробелы:** 0

**Знаки из здругих алфавитов:** 108

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

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

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

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

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

☐ Обоснование:

*Дата* 05.06.2023г.

*проверяющий эксперт*

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМИ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И.СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ»

Тақырыбы: **«Ақтау қаласындағы қуаты 250 МВт бу газды қондырғының жобасы»**
**6В07101-«Энергетика» мамандығы бойынша**
**Ақсауыт Гүлзада Бердібайқызының**
**дипломдық жұмысына**

## СЫН ПІКІР

Дипломдық жұмыста Ақтау қаласындағы қуаты 250 МВт бу газды қондырғының жобасы ұсынылған. Жобаның негізгі мақсаты айқындалған. Ақсауыт Гүлзада техникалық есептеу бөлімінде бугаздық қондырғының негізгі компоненттерінің, яғни газ турбинасының, қазандық-утилизатордың және бу турбинасының жылулық есептерін келтірген. Сонымен қоса, бугаздық қондырғының көптеген артықшылықтарын, соның ішінде үнемділік, құрылыстың қысқа мерзімі, басқа қондырғылармен салыстырғандағы жоғарғы ПӘК мәні, арзандығы осы қондырғыны салуға еш күмән тудырмайтындығын көрсеткен. Және қолданатын отын түрі табиғи газ болғандықтан артық шығын кетпейтінін де ескеріп өткен.

Дипломдық жұмыс бес бөлімнен, бірінші бөлімде жоспарланған құрылыс орнын сипаттаған, екінші бөлімде қондырғылардың техникалық сипаттамасы келтірілген, үшінші бөлімде негізгі қондырғының есебі, төртінші бөлімде екі контурлы ҚУ (қазандық-утилизатор) есептеуі және соңғы бөлімде отын шығынын есептеулері көрсетілген.

**Жұмыс бойынша ескерту:**

Ескерту ретінде, есептеулер нәтижелері бойынша түлектің одан әрі әрекеттері байқалады, бірақ әр тараудан кейін тұжырымдар жоқ. Пайдаланған әдебиеттер тізімі бойынша жаңа мәліметтер пайдаланылуы керек. Соған қарамастан жұмыс толықтай дайын деп есептеймін. Дипломдық жұмыстың жалпы деңгейі өте жақсы, талаптарға сай жазылған.

Сонымен, дипломдық жұмыс маманды дайындау бағыты бойынша берілетін академиялық дәрежесі мен біліктілігіне сай келеді деп ойлаймын.

**Жұмысты бағалау**

Жоғарыда айтылғандарды қорыта келе, Ақсауыт Гүлзада Бердібайқызының дипломдық жұмысы В «жақсы» (88 балл) бағасына, ал автор – «Энергетика» бакалавры академиялық дәрежесін иемденуге лайық деп бағалаймын.

**Сын-пікір жазушы**
АЭжБУ PhD, «Жылу энергетикалық
қондырғылар» кафедрасының доценті
_____Д.Р. Умышев
(колы)
«____» _____2023 ж.

Қолтаңбаны растаймын
Подпись заверяю
Шаят Солтанқызы
қызметі
«02» 06 2023

Ф КазНИТУ 706-17. Рецензия

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

**6В07101-«Энергетика» мамандығы бойынша**
**Ақсауыт Гүлзада Бердібайқызының**
**«Ақтау қаласындағы қуаты 250 МВт бу газды қондырғының жобасы»**
**тақырыбындағы дипломдық жұмысына**

## ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Осы дипломдық жұмыста студент Ақсауыт Гүлзада, Ақтау қаласындағы қуаты 250 МВт бу газды қондырғының жобасын қарастырды. Қазіргі таңда энергиямен қамтамасыз ету мақсатында көптеген құрылымдар пайдаланылады. Бірақ оның әрқайсысы экономикалық, экологиялық және басқа да тұрғыдан келгенде кемшіліктері болады. Сондықтан бұл дипломдық жұмыста барлық жағынан артықшылықтарға ие бугаздық қондырғы қарастырылып отыр.

Жобаның техникалық есептеу бөлімінде бугаздық қондырғының негізгі компоненттерінің жылулық есебі келтірілген. Олар: газ турбинасы, қазандық-утилизатор және бу турбинасы. Есептеулерге сай жалпы жобаланған бугаздық қондырғының абсолют электрлік ПӘК-і 63% берді. Қазіргі кезде әлем бойынша газ турбиналарының ең жоғарғы ПӘК мәні 62% болғаны тіркелді.

Диплом жазушы Ақсауыт Гүлзада өзінің теориялық дайындығын жеткілікті түрде көрсетті, практикамен ұштастыра білді, алдына қойылған тапсырмаларды өздігінен шешіп, жұмысты өте жақсы меңгерді, өзі осы Ақтау өңірінің тумасы болғандықтан, осы тақырып оған өте үлкен қызығушылықпен әсер етті және алдына қойылған мәселені шешу дәрежесі жоғары, зерттеу толығымен аяқталды деп есептеймін.

Дипломдық ж ұмыс қойылатын талаптарға сәйкес келеді және мемлекеттік аттестациялық комиссияның отырысында қорғауға жіберіледі. Ал, түлек Ақсауыт Гүлзада Бердібайқызы «Энергетика» мамандығы бойынша «бакалавр» академиялық дәрежесіне лайықты және дипломдық жұмысын А-«өте жақсы» 92 баллмен бағалаймын.

**Ғылыми жетекші**

Техника ғылымдарының магистрі,
«Энергетика» кафедрасының
аға оқытушысы
_____ А.С. Нығыманова
(қолы)
«06» _____06_____ 2023 ж.

Ф ҚазҰТЗУ 706-16. Ғылыми жетекшінің пікірі