

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрландыру  
институты

Энергетика кафедрасы

Қалиоллаев Айдын Серғазыұлы

Алматы облысындағы БГҚ құрылысының жобасы

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

5B071700 – «Жылу энергетикасы» мамандығы

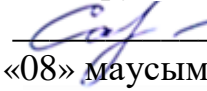
Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрландыру  
институты

Энергетика кафедрасы

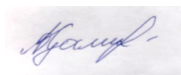
**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**  
«Энергетика» кафедрасының  
меңгерушісі, PhD  
 Е.А. Сарсенбаев  
«08» маусым 2021 ж.

### ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Алматы облысындағы БГҚ құрылысының жобасы»

5B071700 – «Жылу энергетикасы» мамандығы бойынша

Орындаған:



Қалиоллаев А.С.

Ғылыми жетекші  
PhD, лектор,  
ассоц.профессор



Д.Р. Умышев

« 08 » маусым 2021 ж.

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

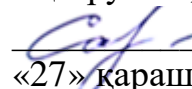
Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрландыру институты

Энергетика кафедрасы

5B071700 – «Жылуэнергетикасы мамандығы»

**БЕКІТЕМІН**

«Энергетика» кафедрасының  
меңгерушісі, PhD

 Е.А. Сарсенбаев  
«27» қараша 2021 ж.

Дипломдық жұмыс орындауға

**ТАПСЫРМА**

Студент Қалиоллаев Айдын

Тақырыбы «Алматы облысындағы БГҚ құрылысының жобасы»

Университет ректорының. «24» қараша 2020 ж №2131-б  
бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «08» мамыр 2021ж

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Жалпы мәлімет;

ә) Қазандық-утилизаторлар есебі;

б) Бу турбинасының есебі;

в) БГҚ экономикалық көрсеткіштерін

Сызбалық материалдар тізімі: Сызбалық материалдарды слайдпен дайындау  
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1. Трухный А.Д., Петрунин С.В. Расчет тепловых схем парогазовых установок утилизационного типа. Методические указания по курсу « Энергетические установки » для студентов, обучающихся по направлению « Энергомашиностроение». – Москва: Изд. МЭИ , 2001







2. Электронный ресурс. Развитие теплоэнергетики и гидроэнергетики. Режим доступа: - <http://energetika.in.ua/ru/avtor> Дата обращения–13.03.2021г.

Дипломдық жұмысты дайындау

**КЕСТЕСІ**

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Жалпы мәлімет	11.03.2021	Ескерту жоқ
Техникалық бөлім	24.03.2021	Ескерту жоқ
БГҚ экономикалық көрсеткіштері	07.04.2021	Ескерту жоқ
Экологияға әсері	25.04.2021	Ескерту жоқ

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

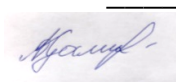
Бөлімдер атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер	Қол қойылған күні	Қолы
Жалпы мәлімет	Умышев Д.Р., PhD, қауымдастырылған профессор	01.06.2021	
Қазандық-утилизаторлар есебі	Умышев Д.Р., PhD	02.06.2021	
Бу турбинасының есебі	Умышев Д.Р., PhD	03.06.2021	
БГҚ экономикалық көрсеткіштерін анықтау	Умышев Д.Р., PhD	04.06.2021	
БГҚ құрылысының қоршаған ортаға әсері	Умышев Д.Р., PhD	05.06.2021	
Норма бақылау	Бердибеков А.О., сеньор - лектор	07.06.2021	

Ғылыми жетекшісі



/Д.Р. Умышев/

Тапсырманы орындауға алған студент



/А.С. Қалиоллаев/

(қолы)

« 08 » маусым 2021 ж.

## АНДАТПА

Бұл жұмыстың мақсаты Алматы облысындағы БГҚ-ның құрылысы және оның экономикалық көрсеткіштерін анықтау, одан басқа оның салыну үшін техникалық шешімдерін дайындау болып табылады

Зерттеу пәні: Алматы облысындағы БГҚ-ның құрылысы

Зерттеу нысаны: Алматы облысындағы БГҚ

## **АННОТАЦИЯ**

Целью данной работы является определение экономических показателей и строительства ПГУ в Алматинской области, а также подготовка технических решений для его строительства

Предмет исследования: строительство ПГУ в Алматинской области

Объект исследования: ПГУ Алматинской области

## **ANNOTATION**

The purpose of this work is to determine the economic indicators and the construction of a CCGT in the Almaty region, as well as to prepare technical solutions for its construction

Subject of research: construction of CCGT in Almaty region

Object of research: CCGT in Almaty region

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Жалпы мәліметтер	10
1.1 Бу газ қондырғысының құрылуы және дамуы	10
1.2 БГҚ қондырғыларының түрлері	12
2 Техникалық бөлім	16
2.1 Қазандық-утилизаторлар есебі	18
2.2 Бу турбинасының есебі	22
2.3 БГҚ экономикалық көрсеткіштерін анықтау	26
3 БГҚ мен ГТҚ-да электр энергиясының өзіндік құнын анықтау	28
3.1 БГҚ –ның отын шығындарын есептеу	29
3.2 БГҚ –ның электр энергиясы бірлігінің өзіндік құнын есептеу	31
4 БГҚ құрылысының қоршаған ортаға әсері	34
4.1 Экологиялық тұрғыдан БГҚ құрылысының артықшылықтары мен кемшіліктері	34
4.2 Алматы облысында құрылыс орнын таңдау негіздемесі	35
Қорытындылар	37
Белгілер мен қысқартулардың тізбесі	39
Әдебиеттер тізімі	40



## КІРІСПЕ

Қазақстанда электр энергетикасы жүйесін жаңғырту бойынша қарқынды жұмыс жүргізілуде. Электр энергиясын өндіруге арналған қолда бар қуаттардың 20% - ға жуығы 1970-ші жылдарға дейін пайдалануға берілгендіктен, бұл салада бірқатар проблемалар бар, олардың ішінде:

- елдің бірқатар өңірлерінде өндіруші және желілік қуаттардың тапшылығы;

- ел экономикасы мен халқының электр энергиясына (қуатына) электр энергетикасына инвестициялардың өзін-өзі ақтауын қамтамасыз ететін қолжетімді бәсекеге қабілетті бағалар бойынша қажеттілігін қанағаттандыру;

- негізгі өндірістік қорлардың жоғары тозуына және оларды ауқымды және уақытылы жаңарту үшін қажетті инвестициялардың болмауына байланысты электрмен жабдықтау сенімділігінің төмендеуі;

- қазіргі заманғы бу-газ, экологиялық таза көмір және электр желілік технологияларды жасау мен игерудегі ұзақ технологиялық артта қалушылық;

- саланың төмен энергетикалық және экономикалық тиімділігі (көптеген жылу электр станцияларының пайдалы әсер коэффициентінің төмендігі, электр желілеріндегі жоғары шығындар);

Жоғарыда көрсетілген проблемаларды шешу мақсатында жаңа қуаттардың, негізінен жылу емес электр станцияларының қажетті көлемін енгізе отырып, олардың белгіленген қуатын өсіре отырып, экономикалық тиімсіз, табиғи және моральдық жағынан ескірген энергетикалық жабдықтарды пайдаланудан шығару есебінен саланың негізгі қорларын жаңарту қажет. ЖЭС газ-мазутты және көмірлі бу-қуатты энергия блоктарының пайдалы әсер коэффициенті жоғары 53-55% құрайды. Электр энергетикасы және жылу энергетикасы салаларында инвестициялық тартымдылық пен бәсекелестік қабілетті құру.

Қазақстан энергетикалық ресурстардың ірі қорларына (мұнай, газ, көмір, уран) ие және энергия тасымалдаушылардың табиғи қорларын сату есебінен шикізат елі болып табылады (экспорттың 80% - ы шикізат, ал өнеркәсіптік экспорттың үлесі жыл сайын қысқаруда). Қазақстанның Солтүстігінде кеңес заманында салынған Екібастұз ГРЭС-1-де өндірілген электр энергиясын Ресейге экспорттайды, ал оңтүстік оны Қырғызстан мен Өзбекстаннан сатып алады.

Қазақстанның электр энергетикалық кешенін тұрақты дамыту және қуаттардың тұрақты өсуін қамтамасыз ету республиканың негізгі міндеттерінің бірі болып табылады.

Қазақстанда еліміздің электр энергетикалық жүйесін жаңғырту бойынша қарқынды жұмыс жүргізілуде.

## 1 Жалпы мәліметтер

### 1.1 Бу газ қондырғысының құрылуы және дамуы

Жану камерасына су беретін және турбинаның жұмыс денесі ретінде алынған бу-газ қоспасын қолданатын газ-бу қондырғысының жобасын Павел Дмитриевич Кузьминский жасаған. 1892 жылы ол аз қуатты газ-бу турбинасын салды. Оны орнату  $p = \text{const}$  кезінде отынның (керосиннің) жануын және жану өнімдерін су буымен сұйылту арқылы салқындатуды (көп сатылы радиалды турбинаның алдында) қолданды, яғни қондырғы газ буымен (монарлық типтегі) болды.

Жану өнімдерін бумен жағу да, сұйылту да П.Д. Кузьминнің "газ-бу" деп аталған камерада жүзеге асырылды.

Құрылғының жану камерасы ішкі цилиндрден және сыртқы корпустан тұрды. Олардың арасында спиральды катушкалар орналастырылды, ол арқылы жану камерасының қабырғаларын салқындататын су ағып, содан кейін жану өнімдерін салқындату үшін оның көлеміне құйылды.

Катушкаларда пайда болған бу жану камерасына құйылды. Бу мен газ қоспасы механикалық жұмыс жасаған радиалды турбинаға жіберілді. Орнату шағын қайыққа арналған. Жану камерасы жасалды және сыналды. Радиалды турбина жану камерасына тікелей қосылды, ол екі дискіден тұрады – жылжымайтын бағыттаушы аппараттан және жұмыс қалақшалары бар жылжымалы аппарат

Неміс инженері Карл Гольцварт бу-газ қондырғыларының тиімділігін арттыруға көп күш жұмсады. Оның жобасы бойынша алғашқы қондырғыны «Картинг» фирмасы (Ганновер) 1906-1908 жж. салған және сол кездегі қуаты 50 а.к. (аттың күші) немесе 35,8 кВт, сол кездегі ПӘК-і 10% болған. Гольцварттың ынтасы таңқаларлықтай: 1910-1927 жылдары ол газ-турбиналық қондырғыны (ГТҚ-ны) алдымен тік білікке құрастырады, содан кейін көлденең білікке құрастырады. Гольцварт жұмысының кеңдігі тәжірибелер отынның әртүрлі түрлерін – газ, сұйық және тіпті көмір тозаңын жағу кезінде жүргізілгендігімен сипатталды. Сондай-ақ, жану камераларын және турбиналарды салқындатуды дамыту маңызды болды, бұл жану өнімдерін салқындату үшін су бүркуден бас тартуға мүмкіндік берді. Гольцварт салқындату кезінде су алатын жылуды, сондай-ақ турбинаның шығатын газдарының жылуын пайдалану мәселелеріне қызығушылық танытты.

1920 жылы оның сызбалары бойынша Тиссен зауытының қуат станциясына жобалық қуаты 5000 кВт болатын БГҚ салынды. Бұл қондырғыда ауа жану камераларына ( $V = \text{const}$ ) бу турбинасынан тәуелсіз жетегі бар компрессормен жеткізіледі, газ турбинасының шығатын газдарының жылуымен утилизатор қазандығында пайда болатын бумен қоректенеді. Бұл қондырғы іс жүзінде БГҚ бинарлық түріне жатады.

Гольцварт қондырғыларын одан әрі жетілдіру оны жану камераларына жібермес бұрын ауаның алдын-ала сығылу деңгейінің жоғарылауымен қатар

жүрді. Сонымен, егер алғашқы қондырғыларда ол тек 0,13–0,18 МПа болса, келесі қондырғыларда ол 0,23–0,3 МПа-ға дейін жеткізілді (жану соңында қысымның 1,2-1,4 МПа дейін жоғарылауымен). Бірақ бұл қондырғыларда 1927 жылға қарай ең көп қол жеткізілген тиімділік 14% - дан сәл асып кетті, дегенмен 1939 жылға қарай мұндай қондырғылардың ПӘК-і 18-20% - ға дейін жеткізілді.

1928 жылдан бастап К. Гольцварт профессор В. Шюлемен бірге жаңа қондырғы жобасын жасады (кейіннен Гольцварта–Шюле турбинасы деп аталды), ол бинарлы (екілік) бу – газ қондырғысы болғандықтан, екі турбинаны біріктіретін аралас циклде жұмыс істеуі керек еді, олардың біреуі  $V=\text{const}$  кезінде жану циклінде жұмыс істеді, ал екіншісі тұрақты қысым кезінде. Бұған жану камераларынан бірінші турбина арқылы газдардың шығу процесі қысымның шамамен 0,6 МПа-ға дейін төмендеуімен, содан кейін екінші турбинада тегістелген, тұрақты бастапқы қысыммен кеңейгендігімен қол жеткізілді. Сонымен қатар, бұл қондырғыда ауаның алдын-ала сығылуы едәуір артты (0,6 МПа дейін), соның нәтижесінде жану камерасындағы максималды қысым 3 МПа-ға жетті.

Бу-газ қондырғыларының қарқынды дамуы соғыстан кейінгі кезеңде басталды. Әлемдік және отандық газ турбиналық құрылыста жинақталған тәжірибені қолдана отырып, 1944-1945 жылдары И.И.Ползунов атындағы Орталық қазандық турбиналық институтында (ОҚТИ-ЦҚТИ) А.Н.Ложкин тұрақты қысым кезінде отынның жануы бар бу-газ қондырғысының сызбасын жасады, ал 1945-1949 жылдары ол А. Э. Гольцманмен бірге жоғары қысымды бу генераторлары бар бу-газ циклдеріне теориялық талдау жасады. Сонымен бірге институтта жоғары қысымды бу генераторындағы процестерге зерттеулер жүргізілді: конвективті және радиациялық жылу алмасу, жоғары газ қысымындағы отынның жануы және т.б, нәтижесінде жоғары қысымды бу генераторының құрылысы жасалды. Бұдан әрі ОҚТИ-да М. И. Корнеевтің басшылығымен өнімділігі 25-420 т/сағ жоғары қысымды бу генераторы бар қуаты 200 МВт-қа дейінгі БГҚ жобалық және конструкторлық әзірлемелерінің кешені өткізілді. Бұл қондырғылар 1,5-тен 25 МВт-қа дейінгі аз қуатты газ турбиналарын және 150 МВт-қа дейінгі типтік бу турбиналарын қолдануды қарастырды.

1950 жылдан кейін профессорлар И.И. Кириллов пен В. А. Зысиннің жетекшілігімен Ленинград политехникалық институтында (ЛПИ), профессор Д. П. Гохштейннің жетекшілігімен Саратов политехникалық институтында, Г. И. Шувалов бастаған бүкілресейлік жылу-техникалық ғылыми-зерттеу институтында аралас қондырғыларды зерттеу жұмыстары жүргізілді. Сол жылдардағы маңызды бағыттар бойынша (сынап-бу циклы, жоғары қысымды бу генераторы бар цикл) КСРО-да сөзсіз басымдыққа қол жеткізілді.

КСРО-да бу-газ қондырғыларын практикалық түрде іске асыру ХХ ғасырдың 60-шы жылдарында басталды, содан кейін ЖҚБГ(ВПГ)-120 жоғары қысымды бу генераторы және қуаты 4 МВт газ турбинасы бар шағын бу-газ қондырғылары құрылды. Алайда кейінгі жылдары КСРО-да БГҚ енгізу жоғары қысымды бу генераторы бар (ГТ-35+К-160-130+ЖҚБГ(ВПГ)-450) бір БГҚ-170

энергоблогымен шектелді. 1973 жылы Невинномысск МАЭС-те орнатылған және 1981 жылы ГТ-35-770 ХТГЗ, бу турбиналары негізінде Молдавия МАЭС-те салынған төмен қысымды бу генераторы бар екі БГҚ-250 энергоблоктарымен К-210-130-3 ЛМЗ және ТМЕ-215 "Красный котельщик" бу қазандықтары. 70-80-ші жылдары ОҚТИ мен ЛПИ-де газ турбиналық қондырғыны ішкі циклдік бумен салқындатумен БГҚ бойынша теориялық және эксперименттік жұмыстар белсенді жүргізілді.

Қазақстанда БГҚ түрлі схемалары мен нұсқалары зерттелуде. Профессор Д.Ж. Темірбаевтың тиімділігі жоғары БГҚ туралы ұсыныстары ғылыми қызығушылық тудырады. Ол Қазақстанда алғаш рет жылу энергетикасының қазіргі заманғы және перспективалық дамуының негізгі үрдісі бу-газ технологиясы болып табылатынын атап өтті. Газ турбиасы алдындағы жану өнімдерінің температурасын 1800 К дейін арттыру есебінен БГҚ тиімділігі 60% - ға дейін жеткізілуі мүмкін. Алайда, оның мәні 1600 К үлкен болса, ГТ (шүмек (сопловой аппарат), қалақша, ротор) сумен немесе су буымен салқындату тиімді болуы мүмкін.

Жанармай жанған кезде азот оксидтерінің пайда болуын басу үшін жану камерасына (КС) экологиялық су бүрку де қолданылуы мүмкін. Осы мақсаттар үшін сумен қамтамасыз ету ауадан әлдеқайда аз сығуды қажет етеді, оның шығыны оның бірнеше стехиометриялық мәндеріне жетеді. ГТ-нан шығатын газ температурасының соңғы және жоғары мәндеріне байланысты, шамамен 800 К-ға жетеді, әдеттегі ГТҚ тиімділігі 30% - дан аспайды. Аталған факторлармен қатар табиғи және ілеспе газдар құрамының негізгі компоненті  $\text{CH}_4$  метаны болып табылатындығын ескерген жөн, бұл жағылатын газ массасының шамамен 25% - ын  $\text{H}_2\text{O}$  құрайды.

Алайда, БГҚ-ны дамытудың бұл нұсқасы одан әрі егжей-тегжейлі зерделеуді талап етеді.

## 1.2 БГҚ қондырғыларының түрлері

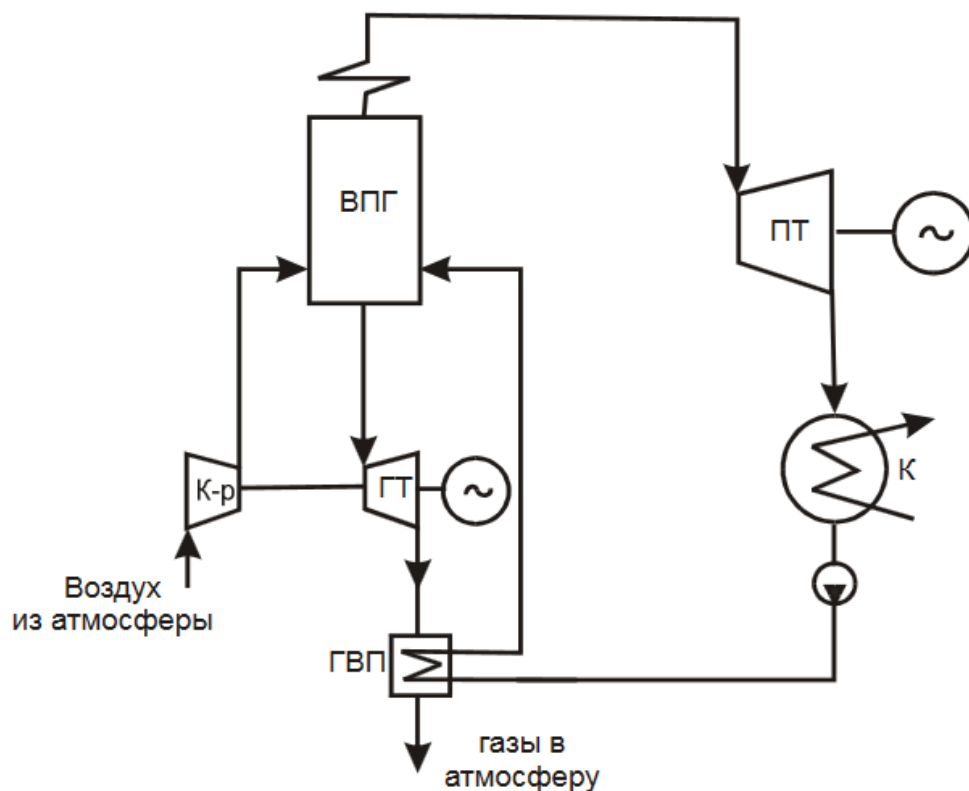
Бу-газ қондырғылары газ турбиналы қондырғының (ГТҚ) бу турбиналы қондырғымен (БТУ) бірлескен жұмысы жүзеге асырылатын бірлескен (комбинированный) қондырғылар болып табылады. Бұл жұмыста бөлек типтегі бу-газ қондырғылары көрсетілген, онда тәуелсіз контурлар (жолдар) бойымен қозғалатын екі жұмыс денесі (газ бен бу) қолданылады. Мұндай БГҚ-дағы жұмыс денелерінің өзара әрекеттесуі тек беттік типтегі аппараттардағы жылу алмасу арқылы жүреді. Бу-газ қондырғыларының жылу схемаларында жалпы жағдайда ГТҚ бу қазандығымен және газ-су жылу алмастырғыштарымен байланысты болуы мүмкін. Өз кезегінде, бу қазандығы БГҚ схемасына әр түрлі енгізілуі мүмкін.

Байланыс түрі бойынша бу-газ қондырғыларының бірнеше түрін бөлуге болады:

- жоғары қысымды бу генераторымен (БГҚ ЖҚБГ-мен);
- төмен қысымды бу генераторымен (БГҚ ТҚБГ-мен);

- кәдеге жаратушы қазандықпен (БГҚ КЖҚ-мен);
- қоректік суды жылыту үшін газ турбинасының пайдаланылған газдарының жылуын пайдалану.

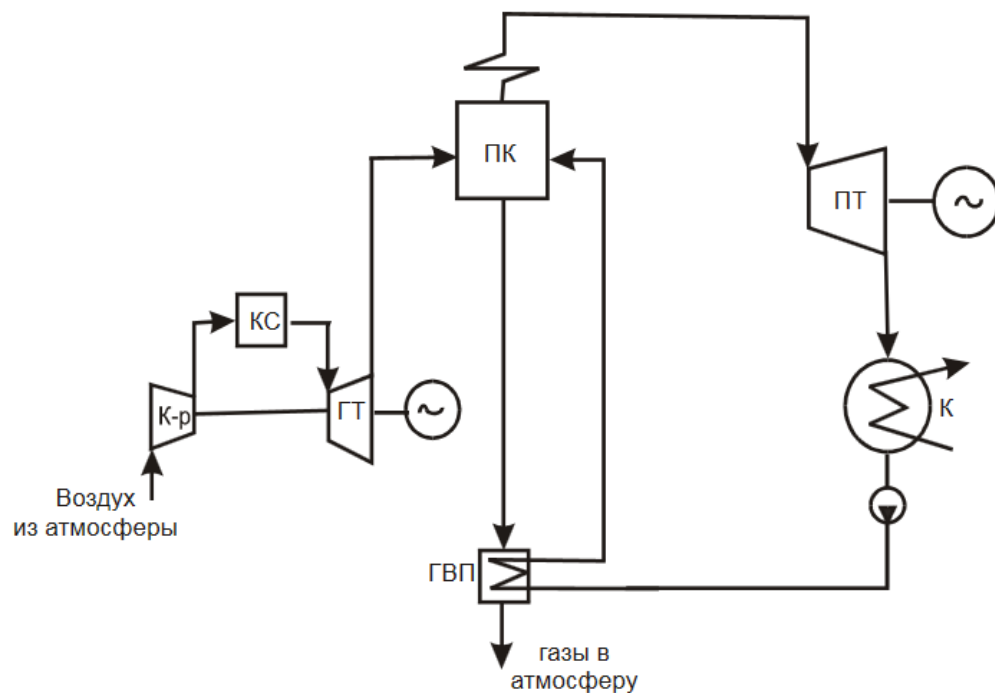
1. БГҚ жоғары қысымды бу генераторымен (БГҚ ЖҚБГ-мен) - бұл газ тізбегінің жану камерасымен біріктірілген бу генераторы, ол компрессор мен газ турбинасы арасында орнатылады және барлық отын жоғары қысым кезінде жанады; БГҚ ЖҚБГ-ның қарапайым схемасы 1-суретте көрсетілген.



ЖҚБГ- жоғары қысымды бу генераторы; К-р –компрессор; ГТ – газовая турбина; ГСЖ – газ және су жылытқышы; БТ –бу турбинасы; К - конденсатор

**1 – сурет - Жоғары қысымды бу генераторы бар бу-газ қондырғысының қарапайым схемасы**

2. БГҚ төмен қысымды бу генераторымен (БГҚ ТҚБГ-мен). Осы типтегі қондырғыда шығатын ГТҚ газдары бу қазандығына шығарылады, онда олар қосымша жағылатын отын үшін тотықтырғыш ретінде қызмет етеді; мұндай қазандықтарда түтін сорғыштар жоқ, ондағы газдардың қысымы атмосфералық қысымнан біршама жоғары; (қазандыққа газ шығаратын БГҚ); БГҚ ТҚБГ-ның қарапайым схемасы 2-суретте көрсетілген.

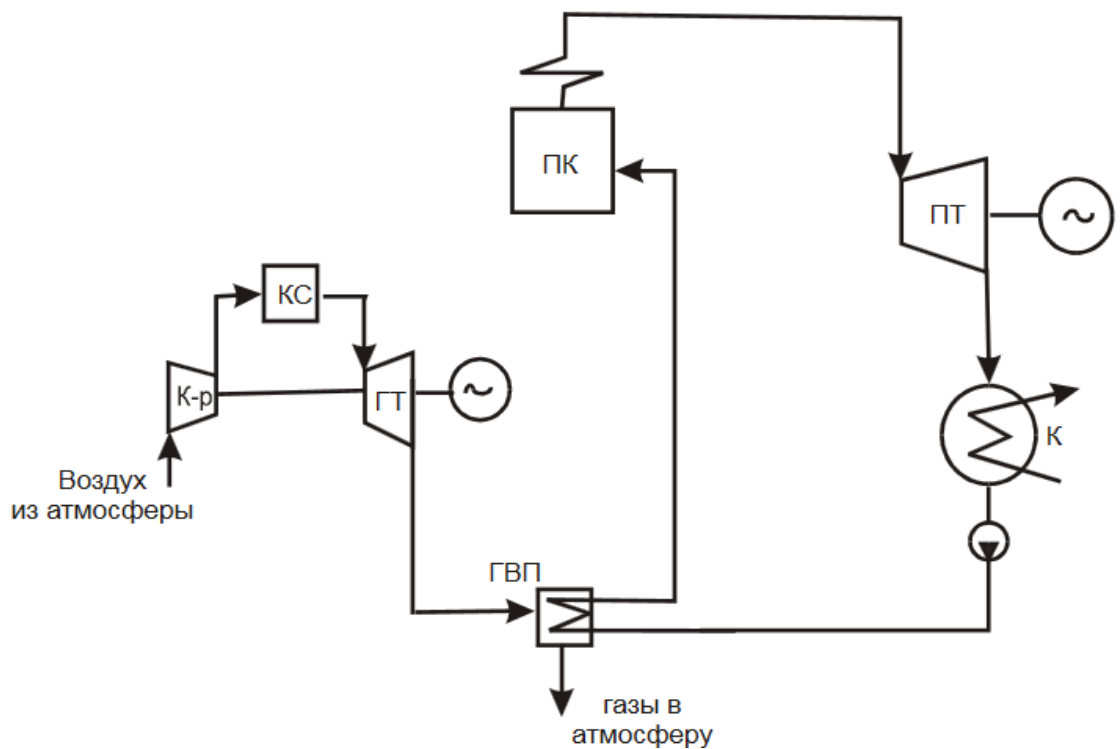


БК – бу қазандығы; КС –жану камерасы; К-р –компрессор; ГТ – газдық турбинасы; ГСЖ – газ-су жылытқышы; БТ –бу турбинасы; К – конденсатор

## 2 - сурет - Төмен қысымды бу генераторы бар бу-газ қондырғысының қарапайым схемасы

3. БГҚ кәдеге жаратушы қазандығы бар қондырғы (БГҚ КЖҚ-мен). Осы типтегі қондырғыларда жүретін ГТҚ-ның газдары бу қазандығына шығарылады, онда олардың жылуы суды жылыту, бу шығару және буды қыздыру үшін қолданылады; бұл жағдайда отын тек ГТҚ-ның жану камерасында жағылады; КЖҚ бар БГҚ схемасы 2-суреттегі орнату схемасынан ерекшеленбейді.

4. Қоректік суды жылыту үшін газ турбинасының пайдаланылған газдарының жылуын пайдаланатын қондырғы; бұл қондырғыда турбинадан шыққан газдар газ-су жылу алмастырғышқа (ГСЖ) жіберіледі; осындай БГҚ-ның қарапайым схемасы 3-суретте көрсетілген.



БК – бу қазандығы; КС – жану камерасы; К-р –компрессор; ГТ – газдық турбинасы; ГСЖ – газ-су жылытқышы; БТ –бу турбинасы; К –конденсатор

### 3 – сурет - Қоректік суды жылыту үшін газ турбинасының пайдаланылған газдарының жылуын пайдаланатын бу-газ қондырғысының қарапайым схемасы

Жоғарыда көрсетілген барлық схемалар бу және газ турбиналарында әр электр тогының генераторы бар БГҚ екі білікті түріне жатады. Бір электрогенератор бу және газ турбиналарының жалпы білігінде орналасқан кезде БГҚ-ның бір білікті түріде бар. БГҚ-дағы газ-су жылу алмастырғыштары негізгі конденсат пен қоректік суды газ турбинасының пайдаланылған газдарымен немесе бу қазандығының шығатын газдарымен жылытуға қызмет етеді; көбінесе оларды экономайзерлер деп атайды. Олар барлық аталған БГҚ-да орнатылады.

Газ-су жылытқыштары БГҚ схемасына енгізілуі мүмкін, мысалы:

- 1) бу турбиналы бөлігінің төмен қысымды жылытқыштарымен қатар;
- 2) бу турбиналы бөлігінің жоғары қысымды жылытқыштарымен қатар;
- 3) жоғары қысымды жылытқыштардан кейін, қазандыққа су кірер алдында.

Алғашқы екі жағдайда бу циклінде регенерацияның ығысуы орын алады.





Бастапқы деректерге сүйене отырып, екіконтурлы БГҚ есебін қарастырайық (сурет 4). Жылу сызбасы екі бірдей ГТҚ, екі бірдей ҚУ, ауасыздандырғыштан және пайдаланылған бу конденсациясымен бу турбинасынан тұрады. Ауасыздандырғыш коллектордағы бумен қоректенеді, оған екі ҚУ төменгі қысым контурындағы құбырлар жалғанады. Параллельді жұмыс істейтін ГТҚ әрқайсы жеке ҚУ-да пайдаланылатын газдарды шығарады. ҚУ жоғары қысым контурларынан шығатын қыздырылған бу ағындары ортақ коллекторда араласады және бу турбинасына беріледі. Төмен қысым контурынан шығатын бу ағындары бір-бірімен араласып, ТҚБ алдында орналасқан араластыру камерасына жіберіледі.

Әрбір ГТҚ-ның келесідей сипаттары бар:

1. Электрлік қуаты  $N_{э} = 165.1$  МВт;
2. Пайдаланылатын газдар шығыны  $G_{г} = 532$  кг/с;
3. Газдар температурасы  $\theta = 630$  °С;
4. Электрлік ГТҚ ПӘК  $\eta_{э}^{ГТҚ} = 35.7$  %.
5. ГТҚ пайдаланылатын газдары атмосфералық ауа және таза жану өнімдерінен тұрады
6. Сыртқы ауа температурасы  $t_{атм} = 15$  °С, қысым  $P_{атм} = 105$  Па.
7. Конденсатордағы қысым  $P_{к} = 5$  кПа; шекті ылғалдылық 10%.
8. ҚУ контурындағы қысым:  $P_0^{ВД} = 6$  МПа;  $P_0^{НД} = 0,6$  МПа.
9. Ауасыздандырғыш тағы қысым  $P_{д} = 0,5$  МПа.

### 1 - кесте – ГТҚ негізгі сипаттамалары

Турбина атауы	Қуаты, МВт	Электрлік ПӘК	Жану өнімдерінің шығыны, кг/с	ГТҚ шығысындағы газ температуралары, °С	Компрессордағысығ ылуденгейі, $\mu_k$
ABB GT13E2	165.1	35.7	532	630	14.6

## 2.1 Қазандық-утилизаторлар есебі

Сызба деректеріне сүйене отырып, ҚУ түрлі элементтеріне сәйкес келетін материалды және жылу теңгерімінің теңдеулерін құруға болады. Материалды теңгерім теңдеулері орта ағынының стационарлылығын көрсетеді.

Бу қыздырғыш және бір ҚУ жоғары қысымды буландырғыштың жиынтық беттері үшін жылу теңгерімінің теңдеуі:

$$G_{\Gamma}(I_d - I_{\text{ЭК}}^{\text{ВД}}) = G_{\Pi}^{\text{ВД}}(h_0^{\text{ВД}} - h_{\text{ЭК}}^{\text{ВД}}), \quad (2.1)$$

мұндағы  $G_{\Gamma} = 532$  кг/с – бір ГТҚ шығатын газдар шығыны;  $I_d = 661.4$  кДж/кг – ГТҚ шығатын газдар энтальпиясы;  $h_0^{\text{ВД}} = 3633.8$  кДж/кг – ҚУ жоғары қысымды қыздырғышы шығысындағы және жоғарғы қысымды экономайзердегі бу энтальпиясы ( $p_0^{\text{ВД}} = 6$  Мпа) қысымындағы қанығу күйінде).

$$h_{\text{ЭК}}^{\text{ВД}} = 1213.9 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}},$$

Жоғарғы қысым буының энтальпиясы  $h$ - $s$  диаграммасы бойынша немесе С.Л. Ривкин кітабы бойынша анықталады. Температура  $t_0^{\text{ВД}}$  мен қысымды  $p_0^{\text{ВД}}$  анықтауға арналған параметрлер. Экономайзердегі  $t_0^{\text{ВД}} = 275.56$  °С энтальпия қанығу температурасына сәйкес анықталады. Температуралық қысымды таңдай отырып  $\delta t = 31$  °С, газ температурасын табамыз.

$$\theta_{\text{ЭК}}^{\text{ВД}} = t_s + \delta t_{\text{ЭК}} = 275.56 + 31 = 306.56^{\circ}\text{C}, \quad (2.2)$$

Сол арқылы (Қосымша Б) жоғарықысымды экономайзер алдындағы газ энтальпиясын анықтаймыз:

$$I_{\text{ЭК}}^{\text{ВД}} = \theta_{\text{ЭК}}^{\text{ВД}} * C_{\text{ср}} = 306.56 * 1.05 = 321.9 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}},$$

$$I_{\text{ЭК}}^{\text{ВД}} = 321.9 \text{кДж/кг},$$

(2.1) теңдеуден бір ҚУ түрленетін жоғарғы бу шығынын анықтаймыз:

$$G_{\Pi}^{\text{ВД}} = \frac{G_{\Gamma}(I_d - I_{\text{ЭК}}^{\text{ВД}})}{(h_0^{\text{ВД}} - h_{\text{ЭК}}^{\text{ВД}})} = \frac{532 * (661.5 - 321.9)}{(3633.8 - 1213.9)} = 96.64 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

Жоғарғы қысым контурының экономайзері үшін келесі қатынастар әділетті болады:

$$G_{\Gamma}(I_{\text{ЭК}}^{\text{ВД}} - I_{\text{УХ}}^{\text{ВД}}) = G_{\Pi}^{\text{ВД}}(h_{\text{ЭК}}^{\text{ВД}} - h_d), \quad (2.3)$$

Мұндағы  $h_d = 670.4$  кДж/кг – ауасыздандырғыштан түсетін қоректік су энтальпиясы (ауасыздандырғыштағы  $P^{HD} = 0,6$  Мпа қысымды қабылдай отырып);  $I_{yx}^{BD}$  – ВД контурының жылу алмастырғышынан шығатын газдар энтальпиясы (жоғары қысымды контур энтальпиясындағы газдар энтальпиясы), ол анықталады:

$$I_{yx}^{BD} = I_{эк}^{BD} - \frac{G_{II}^{BD}(h_{эк}^{BD} - h_d)}{G_I} = 321.9 - \frac{96.64 * (1213.9 - 670.4)}{532} = 223.17 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}},$$

Бұл газдар температурасына сәйкес келеді  $\theta_{yx}^{BD} = 212.5^\circ\text{C}$ ,

ҚУ төмен қысымды контурындағы бу қыздырғыштың және буландырғыштың жиынтық беттері үшін:

$$G_I(I_{yx}^{BD} - I_{ГПК}) = G_{II}^{HD}(h_0^{HD} - h_{эк}^{BD}), \quad (2.4)$$

ГПК шығысындағы газдар энтальпиясының қатынасында  $I_{ГПК}$  температура бойынша анықталады:

$\theta_0^{HD} = t_s + \delta t_0^{HD} = 158.84 + 20 = 178.84^\circ\text{C}$ , мұндағы  $\delta t_0^{HD} = 20^\circ\text{C}$  – пинч-нүктедегі температуралық қысым.

$$I_{эк}^{HD} = \theta_{эк}^{HD} * C_{cp} = 178.84 * 1,05 = 187.8 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}},$$

$I_{эк}^{HD} = 180$  кДж/кг аламыз. Төменгі қысым шығысындағы бу энтальпиясы контурдағы қысымы және температурасы бойынша анықталады  $p_0^{HD} = 0,6$  МПа.  $\theta_{yx}^{BD} = 212.5^\circ\text{C}$ ;  $t_0^{HD} = \theta_{yx}^{BD} - \delta t^{HD} = 212.5 - 30 = 182.5^\circ\text{C}$ , мәнін алу үшін Қосымша Б көрсетілген тәуелділікті пайдалану қажет.

$h_0^{HD} = 2810$  кДж/кг аламыз, Төмен қысымды контур барабанындағы судың энтальпиясы (қысымдағы қанығу күйіндегі су энтальпиясы) -  $h_6^{HD} = 670.4$  кДж/кг.

(2.4) теңдеуден ҚУ төмен қысымды контуры арқылы бу шығынын анықтаймыз:

$$G_I(I_{yx}^{BD} - I_{ГПК}) = G_{II}^{HD}(h_0^{HD} - h_{эк}^{BD}) = 532 * \frac{(223.17 - 187.8)}{(2810 - 670)} = 8.8 \text{ кг/с},$$

ГПК шығысында қоректік су температурасын қабылдаймыз  $t_{ГПК} = 60^\circ\text{C}$ . Онда оған  $h_{пв} = 251$  кДж/кг энтальпиясы сәйкес келеді.

ГПК және ауасыздандырғышта конденсаты қыздыру бірдей жүзеге асырылады. ГПК су энтальпиясын қабылдаймыз = 460 кДж/кг, оған  $110^\circ\text{C}$  температурасы сәйкес келеді.

Ауасыздандырғыштың жылу теңгерімі теңдеуінен:

$$[2(G_{\Pi}^{\text{ВД}} + G_{\Pi}^{\text{НД}}) - G^{\text{Д}}]h_{\text{ГПК}} + G^{\text{Д}}h_0^{\text{НД}} = 2(G_{\Pi}^{\text{ВД}} + G_{\Pi}^{\text{НД}})h_{\text{д}}, \quad (2.5)$$

Ауасыздандырғыштағы бу шығынын табамыз:

$$G^{\text{Д}} = \frac{2(G_{\Pi}^{\text{ВД}} + G_{\Pi}^{\text{НД}})(h_{\text{д}} - h_{\text{ГПК}})}{h_0^{\text{НД}} - h_{\text{ГПК}}} =$$

$$= 2(96.64 + 8.8) * \frac{670.4 - 460}{2810 - 460} = 18.88 \text{ кг/с},$$

Конденсатордағы және рециркуляция сызығындағы конденсат ағынынараластыру нүктесіне арналған жылу теңгерімінің теңдеуі:

$$[2(G_{\Pi}^{\text{ВД}} + G_{\Pi}^{\text{НД}}) - G^{\text{Д}}]h_{\text{к}} + G^{\text{Р}}h_{\text{ГПК}} = (2(G_{\Pi}^{\text{ВД}} + G_{\Pi}^{\text{НД}}) - G^{\text{Д}} + G^{\text{Р}})h_{\text{ВЛ}}, \quad (4.6)$$

Мұндағы  $h_{\text{к}} = 137.77$  кДж/кг -  $p_{\text{к}} = 5$  кПа қанығу күйіндегі конденсат энтальпиясы, рециркуляция шығынын анықтауға мүмкіндік береді:

$$G^{\text{Р}} = \frac{[2(G_{\Pi}^{\text{ВД}} + G_{\Pi}^{\text{НД}}) - G^{\text{Д}}](h_{\text{ПВ}} - h_{\text{к}})}{h_{\text{ГПК}} - h_{\text{ПВ}}} =$$

$$= \frac{[2(96.64 + 8.8) - 18.88] * (251 - 137.77)}{(460 - 251)} = 104 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

ГПТ арналған жылу теңгерімінің теңдеуінен:

$$G_{\text{Г}}(I_{\text{ГПК}} - I_{\text{УХ}}) = (G_{\Pi}^{\text{ВД}} + G_{\Pi}^{\text{НД}} - \frac{G^{\text{Д}}}{2} + \frac{G^{\text{Р}}}{2})(h_{\text{ГПК}} - h_{\text{ПВ}}), \quad (4.7)$$

(7) формула бойынша қазандық-утилизаторлардан шығатын пайдаланылу газының энтальпиясын табамыз:

$$I_{\text{УХ}} = I_{\text{ГПК}} - \frac{(G_{\Pi}^{\text{ВД}} + G_{\Pi}^{\text{НД}} - \frac{G^{\text{Д}}}{2} + \frac{G^{\text{Р}}}{2})(h_{\text{ГПК}} - h_{\text{ПВ}})}{G_{\text{Г}}} = 187.8 -$$

$$\frac{96.64 + 8.8 - \frac{18.88}{2} + \frac{104}{2} * (460 - 251)}{532} = 129.6 \text{ кДж/кг},$$

Пайдаланылатын газдар температурасы 2 суретке сәйкес,  $I_{\text{УХ}}$  мәніне тәуелді келесідей болады  $I_{\text{УХ}} = 129.6^\circ\text{C}$ . ҚУ ПӘК формула бойынша анықтаймыз (8):

$$\eta_{\text{КУ}} = \frac{I_{\text{д}} - I_{\text{УХ}}}{I_{\text{д}} - I_{\text{а}}} = \frac{617.4 - 129.6}{617.4 - 15.4} = 0.81, \quad (2.8)$$

ГТҚ газдары мен бу турбиналы циклға берілетін жылу,

$$Q_{\text{газ}} = 2G_r(I_d - I_{yx}) = 2 \cdot 532(661.5 - 129.1) = 566473.6 \text{ кВт},$$

бумен алынатын,

$$\begin{aligned} Q_{\text{пар}} &= 2 * G_{\text{п}}^{\text{ВД}} * h_0^{\text{ВД}} + (2G_{\text{п}}^{\text{НД}} - G^{\text{Д}})h_0^{\text{НД}} - [2 * (G_{\text{п}}^{\text{ВД}} + G_{\text{п}}^{\text{НД}}) - G^{\text{Д}}]h_{\text{к}} = \\ &= 2 * 96.64 * 3633.8 + (2 * 8.8 - 14,96)2810 - [2 * (96.64 + 8.8) - \\ &18.88] * 137,77 = 672292 \text{ кВт}, \end{aligned}$$

Ары карай бір ҚУ жылу қуаты орташа мәнге тең болады

$$Q_{\text{КУ}} = 619382/2 = 309691 \text{ кВт},$$

Суға (буға) берілетін жылу ҚУ жеке элементтерінде:

-ГПК үшін

$$Q_{\text{ГПК}} = \left( G_{\text{п}}^{\text{ВД}} + G_{\text{п}}^{\text{НД}} - \frac{G^{\text{Д}}}{2} + \frac{G^{\text{Р}}}{2} \right) * (h_{\text{ГПК}} - h_{\text{ПВ}}) = \left( 96,64 + 8,8 - \frac{18,88}{2} + \frac{104}{2} \right) * (460 - 251) = 30932 \text{ кВт},$$

Төмен қысымды буландырғыштар үшін

$$Q_{\text{исп}}^{\text{НД}} = G_{\text{п}}^{\text{НД}} r^{\text{НД}} = 8.8 * 2086 = 18356.8 \text{ кВт},$$

мұндағы  $r_{\text{НД}} = 2086 \text{ кДж/кг}$  -  $r_0^{\text{НД}}$  қысымы бойынша анықталған булану жылуы; төмен қысымды бу қыздырғыштар үшін:

$$Q_{\text{пп}}^{\text{НД}} = G_{\text{п}}^{\text{НД}} (h_0^{\text{НД}} - h_s^{\text{НД}}) = 8.8 * (2810 - 2756.4) = 471.65 \text{ кВт},$$

Мұндағы  $h_s^{\text{НД}} = 2756.4 \text{ кДж/кг}$  -  $r_0^{\text{НД}}$  қысымындағы қаныққан бу энтальпиясы, жоғарғы қысым экономайзері үшін:

$$Q_{\text{ЭК}}^{\text{ВД}} = G_{\text{п}}^{\text{ВД}} (h_{\text{ЭК}}^{\text{ВД}} - h_{\text{д}}) = 96.64(1213.9 - 670.4) = 52523.84 \text{ кВт},$$

Жоғарғы қысым буландырғышы үшін;

$$Q_{\text{исп}}^{\text{ВД}} = G_{\text{п}}^{\text{ВД}} r^{\text{ВД}} = 96.64 * 1569.4 = 151666.8 \text{ кВт},$$

Мұндағы  $r^{\text{ВД}} = 1569.4 \text{ кДж/кг}$  -  $r_0^{\text{ВД}}$  қысымы бойынша анықталған булану жылуы; жоғарғы қысымды бу қыздырғыштар үшін:

$$Q_{\text{пп}}^{\text{ВД}} = G_{\text{п}}^{\text{ВД}} (h_0^{\text{ВД}} - h_{\text{ЭК}}^{\text{ВД}}) = 96.64 * (3633.8 - 2783.3) = 82192.3 \text{ кВт},$$

мұндағы  $h_s^{ВД} = 2783.3$  кДж/кг  $-p_0^{ВД}$  қысымындағы қаныққан бу энтальпиясы, жоғарғы қысым экономайзері үшін:

Тиісті қатысты шамалар:

$$\bar{Q}_{ГПК} = \frac{Q_{ГПК}}{Q_{КУ}} = \frac{30932}{309691} = 0,099; \quad \bar{Q}_{ИСП}^{HD} = 0,059; \quad \bar{Q}_{ПП}^{HD} = 0,001;$$

$$\bar{Q}_{ЭК}^{ВД} = 0,169; \quad \bar{Q}_{ИСП}^{ВД} = 0,489; \quad \bar{Q}_{ПП}^{ВД} = 0,265.$$



5 - сурет – Қазандық утилизатордың жылу диаграммасы

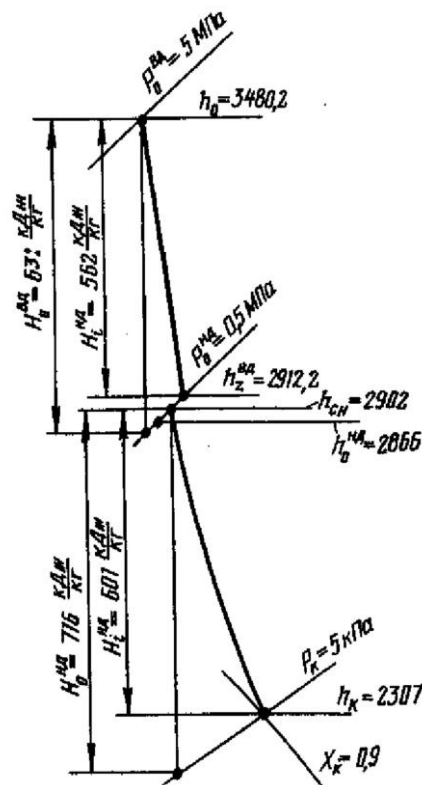
### 2.3 Бу турбинының есебі

Бу турбинының ішкі қатысты ПӘК есептеу екі сатыда жуық формулалар бойынша анықталады. Алдымен жоғарғы қысым бөлігінің ПӘК дейін), сонымен бірге  $\eta^{ВД}$  араластыру камерасындағы бу ағынының параметрлері; одан кейін араластыру камерасындағы бу параметрлері анықталады және төмен қысымды бөліктің  $\eta^{HD}$  қатысты ПӘК есептейміз (араластыру камерасынан конденсаторға дейін). Турбинадағы буды кеңейту үрдісі h-s диаграммасында 5 суретте көрсетілген. Бу турбины дроссельді бу таратқышпен орындалды делік. Онда  $\eta^{ВД}$  мәнін аз дұрыстық сатысының топтарына арналған жуық эмпирикалық формула бойынша анықтауға болады:

$$\eta_{oi}^{B,D} = (0,92 - 0,2 / (G * V_{cp})) * (1 + (H_0^{B,D} - 7 * 10^2) / 2 * 10^4) K_{BЛ}, \quad (2.8.)$$

Мұндағы  $v_{cp} = (v_o v_z)^{0,5}$ ,  $H_0^{B,D} = 700$  кДж/кг – сатылар тобының жылу құламасы,  $K_{BЛ} = 1$  (сатылар тобы қыздырылған бумен жұмыс істейді).

h-s диаграммасын пайдалана отырып, турбина кірісіндегі будың меншікті көлемін  $v_o = 0,07$  м<sup>3</sup>/кг және ЖҚБ шығысындағы будың меншікті көлемін анықтаймыз  $v_z = 0,40$  м<sup>3</sup>/кг;  $v_{cp} = (v_o v_z)^{0,5} = 0,167$  м<sup>3</sup>/кг.



6 - сурет - Екі қысымды турбинадағы будың кеңеюі

Пайдаланылмаған бу шығыны  $G_{п}^{BД} = 2 \cdot 96,64 = 193,28$  кг/с және формула бойынша (2.8) аламыз

$$\eta_{oi}^{B,D} = (0,92 - 0,2 / (193,28 * 0,167)) * (1 + (700 - 7 * 10^2) / 2 * 10^4) = 0,91,$$

Пайдаланылған жылу құламасы

$$H_i^{B,D} = H_o * \eta_{oi}^{B,D} = 700 * 0,91 = 637 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}},$$

ЖҚБ шығысындағы бу энтальпиясы

$$h_k^{B,D} = h_o^{B,D} - H_i^{B,D} = 3633,8 - 637 = 2996,8 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}},$$

ТҚБ алдындағы бу энтальпиясы (3.4) формула бойынша анықталады:

$$h_{cm}^{H,D} = [2G^{B,D} * h_k^{B,D} + (2G^{H,D} - G^D) * h_o^{H,D}] / [2(G^{B,D} - G^{H,D}) - G^D]$$

$$[2 * 96,64 * 2996,8 + (2 * 8,8 - 18,88) * 2810] / [2 * (96,64 +) - 18,88] =$$

$$= 3000 \text{кДж/кг},$$

Осылайша, төмен қысымды бөлік кірісіндегі бу келесідей параметрлерге ие болады:  $h_{cm}^{H,D} = 3000 \text{кДж/кг}$ ,  $h^{H,D} = 0,6 \text{МПа}$ ,  $h^{H,D} = 270^\circ\text{C}$ .

ТҚБ ПӘК есебіне арналған эмпирикалық тәуелділікті пайдаланайық :

$$\eta_{oi}^{H,D} = 0,87(1 + (H_o^{H,D} - 400)/10^4) * K_{вл} - \Delta H_{в.с}/H_o^{H,D}, \quad (2.9)$$

Мұндағы  $H_o^{H,D} = 780 \text{кДж/кг}$  — ТҚБ-тегі жылу құламасы,  $\Delta H_{в.с}$ —шығыс жылдамдығы бар шығындар, оларды ЛМЗ стандартты сатыларына арналған графиктері бойынша табуға болады.

Соңғы саты күрекшесінің ұзындығын анықтаймыз, ол үшін будың көлемді шығынын есептейміз. ТҚБ шығысындағы бу шығыны .

$$G_\Sigma = 2(G_{п}^{B,D} + G_{п}^{H,D}) - G^D = 2 * (96,64 + 8,8) - 18,88 = 192 \frac{\text{кг}}{\text{с}}, \quad (2.10)$$

$P_k = 5 \text{кПа}$ ; қысымында және ТҚБ шығысындағы будың бастапқы параметрлерінде будың меншікті көлемін  $h$ - $s$ - диаграммасы бойынша анықтауға болады:  $v_k = 25 \text{м}^3/\text{кг}$ . Көлемдік шығын  $Gv = Gv_k = 192 * 25 = 4800 \text{м}^3/\text{с}$ . ЖҚЦ екі ағынды құрылымын және бір ағындағы көлемдік шығынды (сурет 7) график бойынша қабылдаймыз  $2400 \text{м}^3/\text{с}$ , ұзындығы  $l = 1100 \text{мм}$ , диаметрі  $1,8 \text{м}$  құрайтын ЛМЗ өндірісінің стандарты күрекшесін тандаймыз, оған  $\Delta H_{в.с} = 20 \text{кДж/кг}$  шығыс жылдамдығы бар шығын сәйкес келеді. Ылғалдың ықпалын есепке алатын коэффициент:

$$k_{вл} = 1 - 0,4(1 - \gamma_{вл})(\gamma_o + \gamma_z)(H_o^{вл}/H_o^{H,D}), \quad (2.11)$$

Мұндағы  $H_o^{гр} = H_o^{H,D} = 780 \text{кДж/кг}$ ,  $H_o^{вл} = 504 \text{кДж/кг}$  —ылғалды бузонасындағы жылу құламасы ( $h$ -с-диаграммасы бойынша), үрдіс басындағы ылғалдылық  $\gamma_o = 0$ , кеңейту үрдісі соңында алғашқы жуықтауды қабылдаймыз  $\gamma_z = 0,1$ ; коэффициент  $\gamma_{вл} = 0,1$ .

Бастапқы деректерді пайдалана отырып  $\gamma_{вл} = 0,97$  қолданамыз.

ТҚЦ ПӘК табамыз:



$$\eta_{oi}^{H,D} = 0,87(1 + (780 - 400)/10^4) * 0,97 - 18/780 = 0,85,$$

ТҚЦ пайдаланылған жылу құламасы:

$$H_i^{H,D} = H_o * \eta_{oi}^{H,D} = 780 * 0,85 = 663 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}},$$

Кеңейту үрдісі соңындағы бу энтальпиясы :

$$h_k^{HD} = 3000 - 663 = 2337 \text{кДж/кг},$$

h-s диаграммасыбойынша будың кеңею үрдісі соңында ылғалдылықты анықтаймыз  $y = 10\%$ . 6 суретте турбинадағы будың кеңею үрдісі көрсетілген.

Бу турбинының ішкі қуаты ;

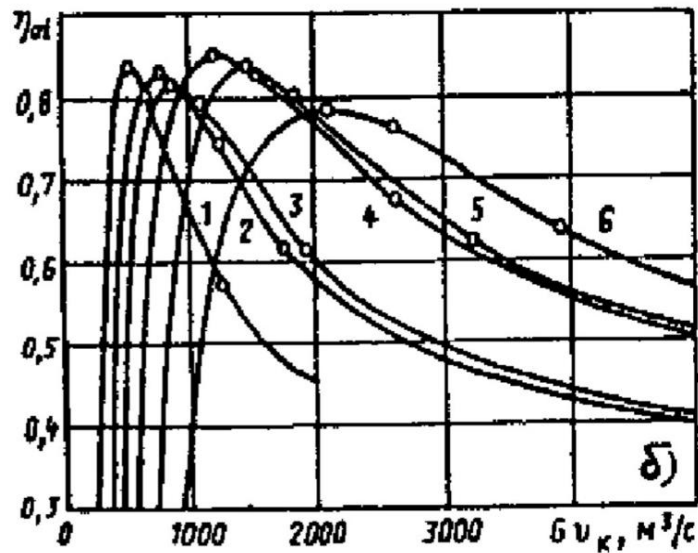
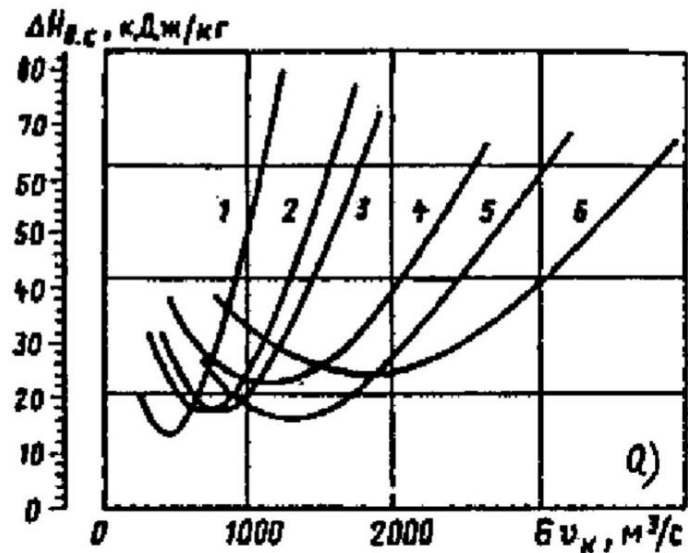
$$\begin{aligned} N_i^{п.т} &= 2G^{B,D}H_o^{B,D}\eta_{oi}^{B,D} + [2(G^{B,D}+G^{H,D}) - G^D]H_o^{H,D}\eta_{oi}^{H,D} \\ &= 2 * 96,64 * 700 * 0,91 + [2(96,64 + 8,8) - 18,88] * 780 \\ &* 0,85 = 250415,36 \text{ кВт}, \end{aligned}$$

Бу турбинының иелік қуаты

$$\begin{aligned} N_o^{п.т} &= 2G^{B,D}H_o^{B,D} + [2(G^{B,D}+G^{H,D}) - G^D]H_o^{H,D} \\ &= 2 * 96,64 * 700 + [2(96,64 + 8,8) - 18,88] * 780 = 285056 \text{ кВт}. \end{aligned}$$

Бу турбинының ішкі қатысты ПӘК қуаттары

$$\eta_{oi}^{п.т} = N_i^{п.т} / N_o^{п.т} = \frac{250415,6}{285056} = 0,878.$$



а –  $Bv_k$  тәуелді шығыс жылдамдықтары бар шығындар    б –  $\Delta H_{в.с}$  соңғы сатының ПӘК: 1-  $l_z = 550$  мм,  $d_k = 1350$  мм, 2-  $l_z = 755$  мм,  $d_k = 1350$  мм, 3-  $l_z = 755$  мм,  $d_k = 1520$  мм, 4-  $l_z = 960$  мм,  $d_k = 1520$  мм, 5-  $l_z = 1000$  мм,  $d_k = 1800$  мм, 6-  $l_z = 1200$  мм,  $d_k = 1800$  мм (барлығы 50 с-1).

7 - сурет – Стандартты ЛМЗ күрекшелері бар ТҚЦ шығыс сипаттамалары

#### 2.4 БГҚ экономикалық көрсеткіштерін анықтау

Механикалық ПӘК  $\eta_m = 0,99$  ,электрогенератордың ПӘК - і таблицадан аламыз ;  $\eta_{э.г}^{ПТУ} = 0,98$ .

Абсолютті ішкі БТҚ ПӘК

$$\eta_o^{\text{ПТУ}} = N_i / Q_{\text{кy}} = \frac{250415,6}{567232,8} = 0,44,$$

Абсолютті электрлік БСҚ ПӘК

$$\eta_{\text{э}}^{\text{ПСУ}} = \eta_i^{\text{ПТУ}} \eta_{\text{кy}} \eta_{\text{м}} \eta_{\text{эГ}} = 0,44 * 0,795 * 0,99 * 0,98 = 0,34,$$

БГҚ электр қуаты

$$N_{\text{э}}^{\text{ПГУ}} = 2N_{\text{э}}^{\text{ГТУ}} + N_i^{\text{П.Т}} \eta_{\text{м}} \eta_{\text{эГ}} = 2 * 165,1 + 250,4 * 0,99 * 0,98 = 573,13 \text{ МВт},$$

ГТҚ жану камерасына берілетін жылу

$$Q_{\text{к.с}} = 2N_{\text{э}}^{\text{ПГУ}} / \eta_{\text{э}}^{\text{ГТУ}} = 2 * 165,1 / 0,357 = 924,929 \text{ МВт},$$

Абсолютті электрлік БГҚ ПӘК

$$\eta_{\text{э}}^{\text{ПГУ}} = N_{\text{э}}^{\text{ПГУ}} / Q_{\text{к.с}} = 573130 / 924929 = 0,619.$$

### 3 БГҚ мен ГТҚ-да электр энергиясының өзіндік құнын анықтау

Алдымен БГҚ құрылысына қанша қаражат жұмсалатынын білуіміз қажет. Шамамен БГҚ құрылысының құны белгіленген қуаттың 1 кВт үшін 267120 тг шеңберінде түрленеді. 1кВт құрылысының құнын (қосымша С) алынды. Бұдан біз қуаттылығы 573.13 МВт болатын БГҚ құнын есептей аламыз.

К - күрделі салым, млн тг/жыл:

$$K = 267120 * 573130 \text{кВт} = 153094 * 10^6,$$

Техно-экономикалық есептеулердегі пайдалану шығындары калькуляцияның ірілендірілген баптарына топтастырылады, млн тг/жыл:

$$U_{\text{э}} = U_{\text{Т}} + U_{\text{ЗП}} + U_{\text{А}} + U_{\text{ТР}} + U_{\text{ПР}}, \quad (3.1)$$

мұндағы  $U_{\text{Т}}$ -отын шығындары;

$U_{\text{ЗП}}$ -еңбекке ақы төлеу шығыстары;

$U_{\text{А}}$ -негізгі өндірістік қорлардың амортизациясы;

$U_{\text{ТР}}$ -негізгі қорларды жөндеуге арналған Шығыс;

$U_{\text{ПР}}$  - басқа шығындар.

### 3.1 БГҚ-ның отын шығындарын есептеу

Турбоагрегаттың нақты жұмыс сағаттарының саны, яғни күрделі және ағымдағы жөндеудегі тұрып қалуды шегергендегі күнтізбелік уақыт, сағат / жыл:

$$T_p = 8760 - T_{\text{рем}}, \quad (3.2)$$

мұндағы  $T_{\text{рем}}$ -жөндеудегі бос уақыт, сағ;

$$T_p = 8760 - 1052 = 7708 \text{ сағ},$$

БГҚ электр энергиясын өндіру, МВт сағ:

$$W = N_{\text{уст}} - T_{\text{уст}}, \quad (3.3)$$

мұндағы  $N_{\text{уст}}$ -станцияның белгіленген қуаты, МВт;

$T_{\text{уст}}$  - белгіленген қуатты пайдалану сағаттарының саны, сағ,

$$W = 573,13 * 7308 = 4188434,04 \text{ МВт сағ},$$

Электр станциясының орташа жүктемесі, МВт:

$$P_{\text{пгу}} = W / T_p, \quad (3.4)$$

мұндағы  $T_p$ -нақты жұмыс сағаттарының саны, сағ;

$$P_{\text{пгу}} = 4188434,04 / 7708 = 543,38 \text{ МВт},$$

Энергия блогының орташа жылдық жүктемесі, МВт:

$$P_{\text{бл}} = P_{\text{пгу}} / n_{\text{бл}}, \quad (3.5)$$

мұндағы  $n_{\text{бл}}$ -блоктар саны;

$$P_{\text{бл}} = 543,38 / 2 = 271,69 \text{ МВт},$$

Белгіленген режимде электр жүктемесін өндіруге БГҚ блоктарымен отынның жылдық шығыны, т. ш. т./жыл:

$$B_{\text{уст}} = (b_{\text{хх}} * P_{\text{н}} + b_1 * P_{\text{бл}} + (b_2 - b_1) * (P_{\text{бл}} - P_{\text{эк}})) * T_p * n_{\text{бл}}, \quad (3.6)$$

мұндағы  $b_{\text{хх}}$ -агрегаттың бос жүрісіне шартты отынның үлестік шығысы, т.ш.о./МВт \* сағ;

$b_1$  және  $b_2$ -шартты отынның салыстырмалы шығыны тиісінше экономикалық қуат нүктесіне дейін және қайта жүктеу аймағында, т.ш.о./МВт \* сағ;

$P_H$  және  $P_{ЭК}$  - экономикалық және номиналды қуаты, МВт.

$$B_{УСТ} = (0,024 * 573,13 + 0,284 * 271,69 + (0,284 - 0,284) * (271,69 - 573,13)) * 7708 * 2 = 700773,43 \text{ МВт.}$$

Белгіленбеген режимдегі отын шығыны, т.ш.о. / жыл:

$$B_{НЕУСТ} = B_{п6-10ч} * n_{п6-10ч} + n_{бл} * B_{пх.с} * n_{пх.с} * n_{бл}, \quad (3.7)$$

мұндағы  $B_{п6-10ч}$  және  $B_{пх.с}$  - тиісінше 6-10 сағатқа тоқтаған кезде және суық күйден іске қосылған кезде іске қосу шығындары, т у.т.;

$n_{п6-10ч}$  және  $n_{пх.с}$  - тиісінше 6-10 сағатқа және суық күйден іске қосу және тоқтату саны;

$$B_{НЕУСТ} = 0 * 10 * 2 + 400 * 2 * 2 = 1600 \text{ т.ш.о. / жыл,}$$

ГТҚ-қа жұмсалатын отын шығыны, т.ш.о./жыл:

$$B = B_{УСТ} * B_{НЕУСТ}, \quad (3.8)$$

$$B = 700773 + 1600 = 702373 \text{ т.ш.о. / жыл,}$$

Отынға шығындар, млн.тг./ жыл:

$$U_T = Ц * B * 10^{-6}, \quad (3.9)$$

мұндағы Ц-табиғи газдың бағасы, тг. / т.ш.о.

$$U_T = 7\,553,79 * 702373 * 10^{-6} = 5305,57 \text{ млн.тг./ жыл,}$$

Еңбекке ақы төлеу шығыстары. Станциядағы жалақыны шамамен есептеу үшін формуланы қолдануға болады, миллион тг/жыл:

$$U_{ЗП} = N_y * n_y + \Phi_{ЗП} * 10^{-6}, \quad (3.10)$$

мұндағы  $n_y$ -штаттық коэффициент;

$\Phi_{ЗП}$ -бір қызметкердің бір жылдағы орташа жалақысы;

$$U_{ЗП} = 573,13 * 0,89 * 223213 * 10^{-6} = 113,8 \text{ млн.тг./ жыл,}$$

Амортизациялық аударымдардың мөлшері, млн. тг./жыл:

$$U_A = K * H_A, \quad (3.11)$$

мұндағы  $H_A$ -жалпы станция амортизациясының орташа нормасы;

$$U_A = 0,08 * 153094 = 12247,52 \text{ млн.тг./ жыл,}$$

Жөндеу қызметі бойынша шығыстар. Жөндеу шығындары, млн. тг./жыл:

$$U_{TP} = K * H_{TP}, \quad (3.12)$$

мұндағы  $H_{TP}$ - күрделі салымдардан жөндеу қызметіне аударымдардың нормасы.

$$U_{TP} = 153094 * 0,05 = 7654,7 \text{ млн.тг./ жыл,}$$

Өзге де шығыстар:

Басқа шығындарға мыналар жатады:

- жалпы цехтық және жалпы станциялық шығыстар;
- еңбекті қорғау және қауіпсіздік техникасы бойынша шығыстар;
- салықтар мен алымдар;
- жер үшін төлем.

Олардың мәні бірыңғай әлеуметтік салықты ескере отырып, амортизацияға, жөндеуге және жалақыға жұмсалатын жалпы шығындардың 20-30% - ын алады, млн. тг./жыл:

$$U_T = 0,2 * (12247,52 + 7654,7 + 113,8) + 0,095 * 113,8 = 4014 \text{ млн.тг./}$$

жыл,

мұнда БЖТ-еңбекке ақы төлеу шығыстарының 9,5% - ы мөлшерлемесі бойынша есептелетін бірыңғай әлеуметтік салық.

$$U_T = 0,2 * (U_A + U_{TP} + U_{ЗП}) + \text{БЖТ}, \quad (3.13)$$

Пайдалану шығындары, млн. тг./жыл:

$$U_3 = 5305,57 + 12247,52 + 7654,7 + 113,8 + 4014 = 29335,59 \text{ млн.тг./}$$

жыл.

### 3.2 БГҚ-ның электр энергиясы бірлігінің өзіндік құнын есептеу

Станцияның шиналарынан энергияны жылдық босату, МВт сағ:

$$W_{\text{отп}} = W * (1 - a_{\text{сн}}), \quad (3.14)$$

мұндағы  $a_{\text{сн}}$ -станцияның өз қажеттіліктеріне жұмсалатын электр энергиясының коэффициенті.

$$W_{\text{отп}} = 4188434,04 * (1 - 0,05) = 3979012,33 \text{ МВт сағ},$$

Жіберілген энергияның өзіндік құны, тг. / кВт сағ:

$$U_{\text{отп}}^{\text{э}} = U_{\text{э}} / W_{\text{отп}}, \quad (3.15)$$

$$U_{\text{отп}}^{\text{э}} = 29335,59 / 3979,01 = 7,37 \text{ тг. / кВт сағ},$$

Өндірілген энергияның өзіндік құны, тг. / кВт сағ:

$$U_{\text{выр}}^{\text{э}} = \frac{U_{\text{э}}}{W}, \quad (3.16)$$

$$U_{\text{выр}}^{\text{э}} = \frac{29335,59}{4188,434} = 7 \text{ тг. / кВт сағ},$$

Өндірілген кВт сағ, шартты отынның үлестік шығыны кг ш.о./кВт сағ:

$$B_{\text{выр}} = B / W, \quad (3.17)$$

$$B_{\text{выр}} = 700773,43 / 4188434,04 = 0,167 \text{ кг ш.о./кВт сағ},$$

Жіберілген кВт сағ-қа шартты отынның үлестік шығыны, кг ш. о. / кВт сағ:

$$B_{\text{отп}} = B / W_{\text{отп}}, \quad (3.18)$$

$$B_{\text{отп}} = 700773 / 3979012,33 = 0,176 \text{ кг ш.о./кВт сағ}.$$



**2 - кесте – БГҚ-ның өзіндік құны**

Көрсеткіш атауы	Көрсеткіштің мәні
	БГҚ
Белгіленген қуаты, МВт	573,13
Өндірілген кВт сағ, шартты отынның үлестік шығыны кг ш.о./кВт сағ	0,167
Жіберілген кВт сағ-қа шартты отынның үлестік шығыны, кг ш.о. / кВт сағ	0,176
Энергияның өзіндік құны, тг. / кВт сағ	7
а) өндірілген	7,37
б) жіберілген	
ПӘК, %	62

## 4 БГҚ құрылысының қоршаған ортаға әсері

### 4.1 Экологиялық тұрғыдан БГҚ құрылысының артықшылықтары мен кемшіліктері

Бу-газ қондырғысы ең экологиялық таза қозғалтқыш болып табылады. Біріншіден, бұл жоғары тиімділікке байланысты – өйткені электр энергиясына айнала алмайтын отынның құрамындағы барлық жылу қоршаған ортаға шығарылып, оның жылулық ластануы орын алады. Сондықтан БГҚ-ның жылу шығарындыларының бу күштікпен салыстырғанда отын шығынын азаюы электр энергиясын өндіруін азайуына сәйкес келеді.

1) Әрі қарай, БГҚ-да азот оксидтерінің ( $\text{NO}_x$ ) шығарындыларын едәуір аз шығарады, өйткені газ ГТҚ-да жанып кетеді, бірақ көптеген бу қазандықтары көмірмен жұмыс істейді, сонымен қатар энергетикалық қазандықтардың оттықтарында диффузиялық (кинетикалық емес) жану принципі қолданылады.

2) Бу-газ қондырғысы өте маневрлік қозғалтқыш болып табылады, және оны маневрлігі бойынша тек автономды ГТҚ-мен салыстыруға болады. БТҚ-дың ықтимал жоғары маневрлігі оның схемасында ГТҚ-ның болуымен қамтамасыз етіледі, оның жүктемесінің өзгеруі бірнеше минут ішінде жүреді. Осы ықтимал маневрлік мүмкіндіктерді іске асыру үшін БГҚ айналмалы құбырмен (байпаспен) жабдықталуы керек. Терең түсіру мүмкіндігі үшін БГҚ көпвалды болуы керек.

3) Бу күштік және бу-газдық ЖЭС-ның бірдей қуатында БГҚ-ның салқындатқыш суын тұтынуы шамамен үш есе аз. Бұл БГҚ бу күшінің қуаты жалпы қуаттың  $1/3$  бөлігін құрайтындығымен анықталады, ал ГТҚ салқындатқыш суды іс жүзінде қажет етпейді.

БГҚ-ның негізгі кемшіліктер жатады:

1) Қоршаған орта атмосферасының азот оксиді мен күкірт оксидімен ластануы. Табиғи газбен жұмыс істейтін электр станциялары парниктік газдарға жататын көмірқышқыл газының аз мөлшерін шығарады.

2) БГҚ электр энергиясын өндіру кезінде пайдаланылған буды конденсациялау үшін салқындату жүйесін қажет етеді. Жоғары температура мен химиялық ластануы бар суды алу және ағызу, мысалы, биоцидтер және басқа қоспалар, егер олар қолданылса, су организмдеріне теріс әсер етуі мүмкін.

3) БГҚ пайдалану кезінде қоршаған ортаға шу әсері. Шудың негізгі көздеріне турбогенераторлар, әртүрлі қозғалтқыштар, желдеткіштер, ауа өткізгіштер, сорғылар, компрессорлар, конденсаторлар, тұндырғыштар(отстойник) жатады.

4) Энергетикалық БГҚ-ның басты кемшілігі - ГТҚ жану камерасында табиғи газ жағылады. Сұйық немесе қатты отынның ауыр сорттарын пайдалану отынды дайындаудың (газдандырудың) және пайда болған жанғыш газды тазартудың күрделі жүйелерін талап етеді, бұл тиімділіктің 42-44% - ға төмендеуіне әкеледі.

## 4.2 Алматы облысында құрылыс орнын таңдау негіздемесі

Алматы облысы-Қазақстан Республикасының оңтүстік-шығысындағы облыс. Облыстың әкімшілік орталығы Алматы қаласы болды; 2001 жылғы сәуірде Бірінші Қазақстан Республикасы Президентінің Жарлығымен облыс орталығы Талдықорған қаласына ауыстырылды.



### 8 - Сурет - Алматы облысының картасы

Алматы облысы Қазақстанның келесі өңірлерімен шектеседі: батысында Жамбыл облысы, Солтүстік-батысында Қарағанды облысы (Су шекарасы Балқаш көлі арқылы өтеді), солтүстік-шығысында Шығыс Қазақстан облысы орналасқан. Облыс құрамына 1997 жылы бұрынғы Алматы облысының солтүстігінде орналасқан Талдықорған облысы кірді. Шығысында облыс ҚХР-мен, оңтүстігінде Қырғызстан Республикасымен (Шу және Ыстықкөл облыстары) шектеседі. Облыс өте күрделі географиялық сипатқа ие және әр түрлі рельефке ие.

Солтүстік-батыс бөлігі Тауқұм, Белсексеуіл, Мойынқұм құмды алқаптарын бөліп тұратын шөлейтті жазық болып келеді. Жер бедері Балқаш көліне нашар көлбеу және Іле, Қаратал, Ақсу, Көксу, Лепсі, Аягөз өзендерінің ежелгі арналарымен тілінген, олардың ең маңыздысы — Бақанас. Екі бөлек алқап — оңтүстік пен шығыста — тау жоталары созылып жатыр: Іле Алатауы және Жоңғар Алатауы (Тянь-Шань тау жүйесі). Олардың біртіндеп төмендейтін беткейлерінің қиылысында Іле өзенінің орта арнасы орналасқан. Беткейлердің өзі оның салалары (Шарын, Шелек, Алматы, Күрті және т.б.) шығарылған конустармен толықтырылған.

БГҚ құрылысын таңдау Алматы облысына бекер түскен жоқ. Бұған келесі себептер ықпал етті:

1) Алматы облысы электр энергиясына қажеттіліктің 2/3 бөлігін ғана өндіреді. Энергия тапшылығы мәселесін шешу үшін өңірде баламалы энергетика дамуда.

Алматы облысы 3 миллиард киловатт-сағаттан астам уақытты тұтынады. Бұл ретте жыл сайын энергия тұтыну көлемінің орташа есеппен 120 миллион киловатт-сағатқа артуы байқалады. Жергілікті электр станциялары соншалықты өндіріле алмайды. Сондықтан энергияның 40%-ға жуығы шетелден және Қазақстанның басқа облыстарынан импортталады.

2) Алматы облысының табиғи ортасы энергетика кәсіпорындарының, өндіруші және қайта өңдеуші кәсіпорындардың, аграрлық кешеннің айтарлықтай жоғары техногендік жүктемелерін сезінуде. Бірқатар аудандарда өте қолайсыз экологиялық жағдай қалыптасқан. Бұл жағдайдың ең қауіпті көріністері шөлейттену, топырақтың тозуы, су ресурстарының сарқылуы және ластануы, биологиялық әртүрліліктің төмендеуі және жойылуы. Қалыптасқан жағдайда экологиялық проблемалардың алуан түрлілігін шешу үшін бір жылдан астам уақыт және елеулі қаржы қаражаты талап етіледі.

Бу-газ қондырғылары экологиялық таза қозғалтқыш болып табылады. Себебі олар қазіргі уақытта қатты отын пайдалатын қондырғылармен салыстырғанда қоршаған ортаға әлдеқайда аз зиян келтіреді.

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, Алматы облысындағы БГҚ құрылысы аймақтың дамуына оң әсер етеді.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Қорытындылай келе, бу-газ қондырғыларының іс жүзінде кемшіліктері жоқ деген қорытынды жасауға болады. Қазіргі уақытта бу-газ қондырғысы электр энергиясын алу үшін қолданылатын ең үнемді қозғалтқышқа ие. Бұл қондырғы әлде қайда экологиялық таза қозғалтқышқа ие. Бу-газ қондырғысында өте маневрлік қозғалтқыш бар, оны маневрлікте тек автономды ГТҚ-мен салыстыруға болады. Бу күші мен бу-газ ЖЭС-тің бірдей қуатында БГҚ-ның салқындатқыш суын тұтыну шамамен үш есе аз. Бу-газ қондырғысы белгіленген қуат бірлігінің орташа құнына ие, бұл құрылыс бөлігінің аз көлемімен, күрделі энергетикалық қазандықтың, қымбат мұржаның, қоректік суды қалпына келтіретін жылыту жүйесінің болмауымен, қарапайым бу турбинасы мен техникалық сумен жабдықтау жүйесін қолданумен байланысты. Бу-газ қондырғысының құрылыс циклі айтарлықтай аз.

Қуатты энергетикалық газ турбиналарын жасаудың жоғары өзектілігін және олардың ел қауіпсіздігі мен экономикасы үшін маңыздылығын ескере отырып, отандық газ турбиналық энергетикалық технологияларды әзірлеу және игеру жөніндегі кешенді, ғылыми-техникалық инвестициялық бағдарламаны (ұлттық жобаны) қалыптастыру және іске асыру қажет. Ол алдыңғы қатарлы іргелі зерттеулер мен қолданбалы жұмыстарға сүйенуі тиіс, бұл қысқа мерзімде газтурбиналық энергетикалық технологиялардың әлемдік деңгейіне шығуға мүмкіндік береді. Іргелі зерттеулерді ең алдымен газ турбинасының әртүрлі тораптарының аэродинамикасы саласында жаңа білім алуға шоғырландыру қажет. Бұл компрессорды, жану камерасын және турбинаны, салқындату жүйелерісін толық сипаттауға мүмкіндік береді. Іргелі зерттеулердің тағы бір бағыты - камералардағы физика - химиялық және термофизикалық процестерді зерттеу, оның ішінде сутегі қосылған төмен калориялы синтез-газды пайдалану және мембраналық технологияларды қолдану. 1700 °С температурада жұмыс істей алатын жаңа буынды газ турбиналарын жасау үшін керамикалық және функционалды жабындарды, ыстық трактілерді қоса алғанда, перспективті материалдарды әзірлеу және қосымша технологияларды қолдану қажет. Қаржылық және уақыттық шығындарды азайту үшін байланысты (көп салалы) мәселелерді шешу әдістерін және виртуалды кеңістіктегі жоғары қуатты газ турбинасын сынау мен жетілдіруді қамтамасыз ететін суперкомпьютерді, жобалауды дамыту қажет. Осы және басқа бағыттар бойынша іргелі зерттеулер академиялық және университеттік ғылымның күшімен жүзеге асырылуы мүмкін. Тораптық ғылыми-зерттеу, тәжірибелік-конструкторлық жұмыстар мен стендтік сынақтар бағдарламаға, салалық ғылымға және бизнесі энергия машина және авиақозғалтқыш жасау саласында шоғырланған жоғары технологиялық компанияларға қатысу қажеттілігін талап етеді. Қуатты газ турбиналарының сенімділігі динамикалық математикалық модельдер, арнайы алгоритмдер және компьютерлік технологиялар негізінде құрылған автоматты басқару, мониторинг және диагностика жүйесімен қамтамасыз етілуі керек. Бөлшектер мен дайындамаларды, газ турбиналарын (қалақтарды, дискілерді, роторды және

т.б.) дайындау кезінде академиялық, жоғары оқу орны және салалық ғылыммен кооперацияда жоғары технологиялық компаниялар әзірлейтін перспективалы металлургиялық технологияларға сүйену керек. Ғылыми, өндірістік және пайдаланушы ұйымдардың кең ынтымақтастығы перспективалы газ турбиналарын пайдалануға, қызмет көрсетуге және қалпына келтіруге, жөндеуге байланысты проблемаларды шешу кезінде де талап етіледі.

## БЕЛГІЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАРДЫҢ ТІЗБЕСІ

БГҚ -бу газ қондырғысы;  
ГТҚ – газотурбинна қондырғысы;  
ПСУ - паросиловая установка;  
КУ - қазан-утилизатор;  
ЖБГ- жоғары қысымды бу генератор;  
ТБГ- төмен қысымды бу генератор;  
ГСҚ-газ-су қыздырғыш;  
ЖҚГ- желілік қондырғыға газ тасмалдау;  
БШ -бу шашырау;  
ПӘК-пайдалы әсер коэффициенті;  
ЖК – жану камерасы;  
К – компрессор;  
ЭГ – электрогенератор;  
ГТ – газ турбина;  
ПТ – бу турбина;  
Д – дэаратор;  
ЖК – высокое давление;  
ТК – низкое давление;  
Р - қысым, Па;  
Т - температура, К (0С);  
G – отын шығыны, кг/с;  
h - энтальпия, Дж/кг;  
N –куаты, МВт;  
Q –жылу шығыны, МДж/кг;  
I –газдар энтальпиясы.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Темирбаев Д.Ж. Оптимизация процессов горения, аэродинамики и теплообмена БГҚ. Материалы межвузовской научной конференции "Проблемы повышения эффективности и надежности системы теплоснабжения"- Самара: СГТҚ, 1999, с.83-84.

2 А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. / Москва, Изд. «Издательство Машиностроение» 2011 г. 374 с.

3 Матвеева А.А. Расчет показателей экономичности газотурбинных и парогазовых установок. Методические указания к курсовой работе для студентов, обучающихся по направлению 140100 «Теплоэнергетика и теплотехника». - Томск: Изд. ТПУ, 2014.- 40 с

4 Абақ А., Ержан Т. Мәди П.Ш. Анализ электростанций Қазақстан. / Тезисы докладов Республиканской студенческой научной конференции «Вклад молодежной науки в реализацию Стратегии «Қазақстан-2050», посвященной 120-летию К. Сәтпаева и Году молодежи в Республике Қазақстан, 11-12 апреля 2019 год. С. 115-123.

5 Электронный ресурс. Развитие теплоэнергетики и гидроэнергетики. Режим доступа: - <http://energetika.in.ua/ru/avtor> Дата обращения – 13.03.2021 г.

6 Электронный ресурс. Руководство по охране окружающей среды, здоровья и труда для теплоэлектростанций. 2008 г С. 1-43. Режим доступа: - <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/68177aec-7460-43a5-a4f7-e4973c604773/>

7 Цанев С.В. Бузов В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: Учебное пособие для вузов / Под ред. С.В. Цанева- М.: Издательство МЭИ, 2002.- 584 с.

8 Попырин Л.С., Штромберг Ю.Ю., Дильман М.Д. Надежность парогазовых установок//Теплоэнергетика, № 7, 1999.

9 Сазанов Б.В. Промышленные теплоэнергетические установки и системы. / ЗАО «Издательский дом МЭИ», 2014. 196 с.

10 Достияров А.М., Тютөбаева Г.М., Тулеуов Д.Е. Қазақстан Республикасында бу-газды қондырғылардық олданду бағытын дамыту. / С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің Ғылым жаршысы. 2015. №4 (87). – Б.83-88

11 Иноземцев А.А., Хайрулин В.Т., Тихонов А.С., Самохвалов Н.Ю. Совершенствование методик проектирования современных газовых турбин // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2014. №5(47). С. 139–145.12. Лебедев А.С., Симин Н.О., Петреня Ю.К., Михайлов В.Е. Проект энергетической газотурбинной установки ГТЭ-65 // Теплоэнергетика. 2017. №1. С. 46–51.

12 Трухный А.Д., Петрунин С.В. Расчет тепловых схем парогазовых установок утилизационного типа. Методические указания по курсу «Энергетические установки» для студентов, обучающихся по направлению «Энергомашиностроение». – Москва: Изд. МЭИ, 2001