

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

«Энергетика» кафедрасы

Жумагазин Дияр Куанышұлы

Ақтөбе облысындағы қуаты 160 МВт ГТЭС жаңғырту жобасы

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

5B071700 – Жылу энергетикасы

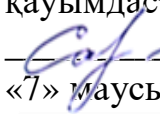
Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

«Энергетика» кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**  
«Энергетика» кафедрасының  
меңгерушісі, PhD ассоциирленген  
қауымдастырылған профессор  
 Е.А.Сарсенбаев  
«7» маусым 2021 ж.

## ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Ақтөбе облысындағы қуаты 160 МВт ГТЭС жаңғырту жобасы

5B071700 – Жылу энергетикасы

Орындаған:



Жумагазин Д.К.

Ғылыми жетекші  
PhD, қауымдастырылған  
профессор

 Е.А.Сарсенбаев

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

«Энергетика» кафедрасы

5B071700 – Жылу энергетикасы мамандығы

**БЕКІТЕМІН**

Кафедра меңгерушісі, PhD,  
қауымдастырылған  
профессор

 Е.А. Сарсенбаев  
«19» қаңтар 2021 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Студент Жумагазин Д.К.

Тақырыбы «Ақтөбе облысындағы қуаты 160 МВт ГТЭС жаңғырту жобасы»

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

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2021 жылғы 8 маусым

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Жалпы мәлімет;

ә) Жанажол ГТЭС сипаттамасы;

б) Қазан утеллизатор қоюлуы;

в) Жанажол ГТЭС модернизация жобасы

Сызбалық материалдар тізімі: Сызбалық материалдарды слайдпен  
дайындау, қосымшаларда көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций:

Учебное пособие для вузов / Цанев С.В., Буров В.Д., Ремизов А.Н. Под ред.  
Цанева С.В. – 2-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 584 с.

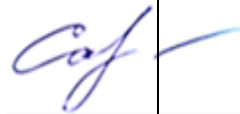
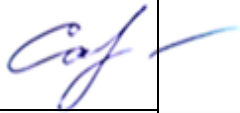
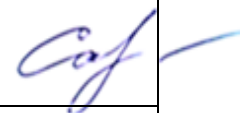

2. Электронный ресурс. Развитие теплоэнергетики и гидроэнергетики.

Режим доступа: - <http://energetika.in.ua/ru/avtor> Дата обращения–7.03.2021г.


**Дипломдық жұмысты дайындау  
КЕСТЕСІ**

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімдері	Ескерту
БГҚ жылу схемасының есебі	26.03.20201	жоқ
БГҚ экономикалық көрсеткіштерін анықтау	16.04.2021	жоқ
Капиталды салымдар тиімділігін экономикалық бағалау	14.05.2021	жоқ

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

Бөлімдер атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер	Қол қойылған күні	Қолы
БГҚ жылу схемасының есебі	Сарсенбаев Е.А., PhD, қауымдастырылған профессор	01.06.2021	
БГҚ экономикалық көрсеткіштерін анықтау	Сарсенбаев Е.А., PhD, қауымдастырылған профессор	02.06.2021	
Капиталды салымдар тиімділігін экономикалық бағалау	Сарсенбаев Е.А., PhD, қауымдастырылған профессор	04.06.2021	
Норма бақылаушы	Бердибеков А.О., сениор-лектор	07.06.2021	

Ғылыми жетекшісі

  
(қолы)

/Е.А. Сарсенбаев/

Тапсырманы орындауға алған студент



/Д.К.Жумагазин/

Күні « 31» қаңтар 2021 ж.

## **АНДАТПА**

Дипломдық жұмыста 160МВт Газ турбиналық қондырғысының тиімді жұмысын зерттеу, оптималды қуатын анықтау. Газ турбинаның қолдану аясына байланысты модернизациялау.

Жұмыстың негізгі мақсаты – Газ турбиналық қондырғыны бу газ қондырғы (БГҚ) қосу арқылы ПӘК-гін есептеп шығару. Жұмыс барысында материалды қолдануға және есеп жүргізуге үйрену.

## **АННОТАЦИЯ**

В дипломной работе Исследование эффективной работы газотурбинной установки 160МВт, определение оптимальной мощности. Модернизация в зависимости от сферы применения газовой турбины.

Основная цель работы-проведение расчетов, КПД газотурбинной установки с подключением парогазового установки (ПГУ). Использование материала в процессе работы и ведение учета.

## **ANNOTATION**

In the thesis, the study of the effective operation of a 160 MW gas turbine plant, the determination of the optimal power. Modernization depending on the scope of the gas turbine.

The main purpose of the work is to perform calculations of the efficiency of a gas turbine installation with the connection of a combined cycle gas plant (CCGT). Using the

## МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	7
1	Жалпы мәліметтер	8
1.1	Газ турбина қондырғының тарихы	8
1.2	ГТҚ құрылу прогресі	8
1.3	ГТҚ жұмыс принципі және ерекшеліктері	9
2	БГҚ Классификациясы	10
2.1	БГҚ-лардың негізгі түрлері	12
2.2	160 МВт-тық "Жанарол ГТЭС"	12
3	Техникалық бөлім	16
3.1	Бастапқы деректер	16
3.2	Қазандық-утилизаторлар есебі	17
3.3	Бу турбинасының болжамды есебі	21
3.4	БГҚ экономикалық көрсеткіштерін анықтау	26
4	БГҚ мен ГТҚ-да электр энергиясының өзіндік құнын анықтау	27
4.1	БГҚ -Отын шығындарын есептеу	27
4.2	БГҚ -Электр энергиясы бірлігінің өзіндік құнын есептеу	30
4.3	ГТҚ -ның отын шығындарын есептеу	31
4.4	ГТҚ -ның электр энергиясы бірлігінің өзіндік құнын есептеу	33
4.5	Модернизациядан кінгі салыстыру	34
	Қорытынды	35
	Белгілер мен қысқартулардың тізбесі	36
	Әдебиеттер тізімі	37
	Қосымшалар	38

## КІРІСПЕ

Кез келген елдің экономикасы энергетикамен толық байланысты. Басқа салалардың дамуы осы энергетиканың тұрақты прогресіне тікелей қатысты. Қазақстанда электр энергиясының негізгі бөлігін көмірмен жұмыс істейтін жылу электр станциялары өндіреді. Барлық Қазақстан бойынша электр энергиясы мен жылу өндірісінен атмосфераға CO<sub>2</sub> шығарындылары 2014 жылғы деректер бойынша 63,3% - ды құрайды.

ҚР жылу энергетикасын дамытудың перспективалық бағыттарының бірі - бу-газ қондырғыларын (БГҚ) пайдалану болып табылады. Қазақстан Республикасының батыс бөлігінде электрмен жабдықтаудың жеткілікті және сенімді схемасы жоқ, сол себепті өзінің шикізат ресурстары (газ, мұнай) бойынша ерекшеленсе да, қуат пен электр энергиясы бойынша тапшылық көріп отыр.

Жеке бу күш қондырғыларында тиімділігін салыстыру үшін, олардың электрлік тиімділігі 33-45% жетеді, газ турбиналық қондырғылар үшін тиімділігі 28-42% құрайды. Бу-газ қондырғылары электрлік тиімділікке 50% - дан астам қол жеткізуге мүмкіндік береді. БГҚ атмосфераға шығарындылары едәуір төмен деңгейіне байланысты экологиялық талаптарға сай келеді.

Өзектілігі: Электр-жылумен қамтамасыз ету экономикасының маңызды бағыттарының бірі ГТҚ болып табылады және ГТҚ схемаларын қазандық утилизаторларда дұрыс пайдалану экологиялық жағдай мен электр энергиясын жақсартуға, пайдалы әсер коэффициентін арттыруға жағдай жасайды. Қарапайым аралас газ қондырғылары қоректік суды жылыту және осы бу регенерациясының нәтижесінде ығыстыру үшін газ турбиналық қондырғылардағы жылу жабдықтарын пайдалану кезінде жүзеге асырылуы мүмкін. БГҚ-ның жақсы игерілген тұстары: олар сенімді және берік, олардың қуаттылығы 800 – 1200 МВт жетуі мүмкін. ПӘК дегеніміз - электр энергиясы мен жылу өндірісінің қатынасын білдіреді, қазіргі БГҚ - да 45-48% құрайды. Газ турбиналық қондырғылардың ерекшелігі-әр түрлі отынды пайдалану мүмкіндігі. Солардың ішінде ең қолайлы отын - табиғи газ болып табылады, оны пайдалану қазандықты пайдалану кезінде шығатын газдардың температурасын "100-110°С" экологиялық оңтайлы деңгейге дейін төмендетуге мүмкіндік береді. Сондай-ақ мазут пен көмір мысалында көмірді газдандыру немесе оны қысыммен қайнаған қабатта тікелей жағу арқылы сұйық отынды пайдалану мүмкіндігі атмосфераға шаң, күкірт және азот оксидтерінің зиянды шығарындыларын күрт төмендете отырып, көмірдегі жылу электр станцияларының тиімділігін едәуір арттыруға арналған нақты қондырғылар болып табылады.

Зерттеу объектісі: Ақтөбе облысындағы мұнай өндіру орнындағы қуаты 160 МВт газтурбиналық қондырғыны жаңғыртуды қарастыру. Жаңғырту мақсатында ГТҚ-ғыны БГҚ-сына модернизациялау. Есептеулерге сүйене отырып, тиімділігін көрсету және шығындарды өтеу уақытын есептеу.

## **1 Жалпы мәліметтер**

### **1.1 Газ турбина қондырғының тарихы**

Француз ғалымы Сади Карно алғаш рет 1824 жылы "Оттың қозғаушы күші мен осы күшті дамыта алатын машиналар туралы ойлар" атты еңбегінде бу-газды орнатудың жұмысы туралы айтты. Жұмыс денелері ретінде отынның жану өнімдері және онымен бірге су буы болатын қондырғылар. Карноның идеясы поршеньді бу-газ қондырғысының схемасында жану өнімдерін тиімді пайдалануды және оларды пайдаланудан кейін қайта пайдалануды көрсетті. Бұдың жұмысын алу үшін газдардың шығарындылары қолданылды. Бұл бу-газ қондырғыларының негізін қалады.

1897-1900 жылдары Ресейдің алғашқы газ турбиналық қозғалтқышын инженер П. Д. Кузьминский салған. ГТҚ принципі XVIII ғасырда белгілі болды, 1906 жылы француз инженерлері Арменго мен Лемаль ГТҚ-дан пайдалы қуат алды, қондырғының тиімділігі 3-4% болды. Қондырғының дизайны үш корпусты орталықтан тепкіш компрессор мен жану камерасынан тұрды, газ турбинасының өзі жылдамдық сатыларымен болды.

Алғашқы ГТҚ-да Отын жағу үшін жану камераларының екі түрі қолданылды. Бірінші типтегі жану камерасына отын мен тотықтырғыш (ауа) үздіксіз беріліп, олардың жануы да үздіксіз сақталды, қысым да өзгерген жоқ. Екінші типтегі жану камерасына отын мен тотықтырғыш (ауа) бөліктерде берілді. Қоспа жабық көлемде өртеніп, жанып кетті, содан кейін жану өнімдері турбинаға кірді. Мұндай жану камерасында температура мен қысым тұрақты болмады: олар жанармай жанған кезде күрт өсті. Уақыт өте келе бірінші типтегі жану камераларының сөзсіз артықшылықтары анықталды. Сондықтан қазіргі ГТҚ-да отын көп жағдайда жану камерасындағы тұрақты қысым кезінде жағылады. Бұл қондырғылардың дамуы газ турбиналық қондырғылардың тиімділігін арттырды және олар қозғалтқыштардың басқа түрлеріне бәсекеге қабілетті болды.

1940 жылдардың аяғынан бастап ГТҚ теңіз кеме қозғалтқыштарын жүргізу үшін, ал 1950 жылдардың аяғынан бастап табиғи газ сорғыларын жүргізу үшін магистральдық газ құбырларындағы газ айдау қондырғыларының бөлігі ретінде қолданылды. Осылайша, олардың қолданылу аясы мен ауқымын үнемі кеңейте отырып, ГТҚ бірлік қуатын, үнемділікті, сенімділікті, пайдалануды автоматтандыруды және экологиялық сипаттамаларды жақсарту бағытында дамиды.

### **1.2 ГТҚ-ның құрылу прогрессі**

ГТҚ жұмыс прототипін жасаудың сәтсіз әрекеті Сади Карноның "Оттың қозғаушы күші және осы күшті дамыта алатын машина туралы ойлар" кітабындағы жұмысынан басталды. Бірақ прогресс тоқтап қалмады және бұл прогрессивті тәсіл ГТҚ-ны таныс етті :



- 1808 жылы Джон Дамбол көп сатылы турбинаны ойлап тапты. Өкінішке орай, оның идеясы тек қозғалмалы пышақтардан тұрды, суды әр келесі сатыға жылжыту үшін бекітілген аэродинамикалық профиль жоқ.1,3,4 егер ол айнарудың әр сатысы арасында тұрақты фазаның қажеттілігі бар екенін түсінсе, онда ол осьтік ағын тұжырымдамасын жасайды. Турбина.

- 1837 жылы Парижде Брессонның идеясы жану камерасына сығылған ауаны беру үшін желдеткішті пайдалану болды. Мұнда ауа жанғыш газбен араласып, күйіп кетеді. Осы жану өнімдерін салқындату үшін көбірек ауа қосу арқылы соңғы өнім турбофан жетегі үшін қолданылады.1,2

- 1850 жылы Ұлыбританияда Фернимоу гибридті бу және газ турбинысын ұсынды, онда ауа көмір торы арқылы үрленіп, су ыстық газға шашылды. Содан кейін газ бен бу қоспасы екі жақты роторды басқарады

Тек 1872 жылы Доктор Франц Стольце Барбер мен Дамболь идеяларын осьтік турбинамен басқарылатын алғашқы осьтік компрессорды жасау үшін біріктірді. Қаражаттың жетіспеуіне байланысты ол 1900 жылға дейін өз көлігін салған жоқ. Ол көп сатылы осьтік компрессордан, бір жану камерасынан, көп сатылы осьтік турбинадан және сорылатын компрессордың ауасын жылыту үшін шығатын газдарды қолданатын регенератордан тұрады. Құрылғы 1900-1904 жылдар аралығында сыналды, бірақ ешқашан жұмыс істемеді. IX тарауда талқыланғандай, Брессон идеясы ауаны салқындатуға негізделген (ыстық газ жолының бір бөлігінің қызмет ету мерзімін ұзарту), Фернимоуның идеясы су бүрку негізінде жатыр (қуатты арттыру, кейінірек х басқарусыз) қазір), Стольц 1884 жылға дейін Сэр Чарльз Парсонс реактивті бу турбиналары мен газ турбиналарын патенттеді, ал 1888 жылы Чарльз де Лаваль Джованни Бранкидің импульстік Бу турбинысын қолданды.

Соңғы жылдары газ турбиналары өндірісінің өсуі негізінен келесі үш факторға байланысты:

- металлургия саласындағы жетістіктер жану камералары мен турбиналық компоненттерде жоғары температураны қолдануға мүмкіндік береді.;

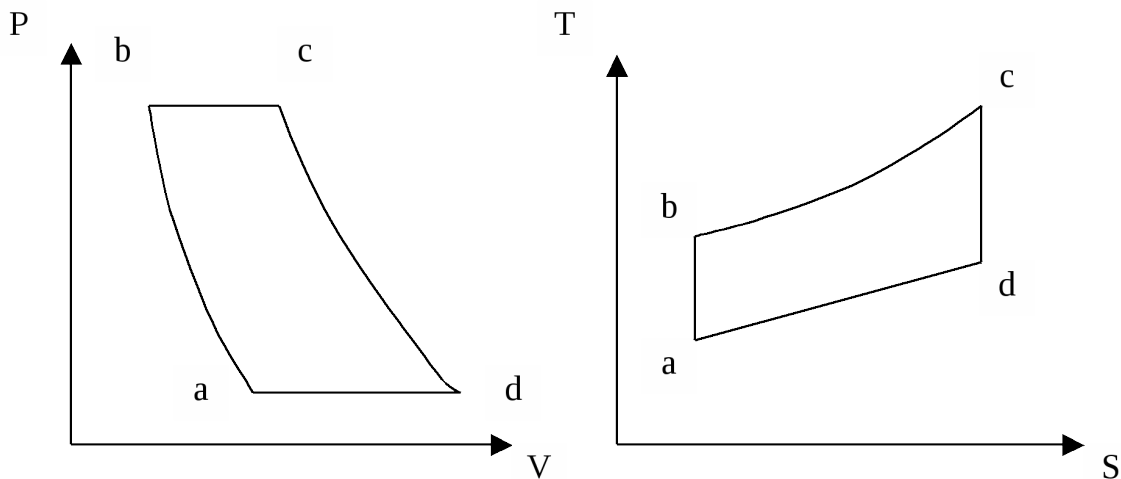
- аэродинамика және термодинамика саласындағы жан-жақты білім, сондай-ақ

- турбинаның аэродинамикалық бетін жобалау және модельдеу үшін компьютерлік технологияларды, сондай-ақ жану камерасы мен турбиналық қалақтарды салқындату конфигурациясын пайдаланыңыз.

### **1.3 ГТҚ жұмыс принципі және ерекшеліктері**

Газ турбиналық қондырғы-бұл айналмалы типтегі жылу қозғалтқышы, мұнда жұмысшы денесі ауамен араласқан отынның жану өнімдері, сондай-ақ жоғары температураға дейін қыздырылған ауа немесе физикалық қасиеттері бар басқа газ тәрізді заттар болып табылады.

Газ турбины-Брайтонның термодинамикалық циклі Брайтон циклі/Джоуль. Газ турбиналық жабдықтың, сондай-ақ газ тәріздес (бір фазалы) жұмыс денесі бар сыртқы жану жабық газ турбиналық қозғалтқыштардың жұмыс процесін сипаттайтын термодинамикалық цикл



Брайтон циклі термодинамикалық процестің нәтижесі-адиабатты сығылу (1–2 процессі); - изобарды (2–3 процесс); - адиабаты кенею (3–4 процессы)- изобарды жылу болу (4–1 процессі).

### 1-сурет – Брайтон цикілі: PV диаграммада және TS диаграммада

ГТҚ-дағы негізгі элементтер: ауа компрессоры, жану камерасы, газ турбины және іске қосу құрылғысы және қосалқы құрылғы.

Таза ауа газ турбины қондырғының компрессорына беріледі. Жоғары қысым кезінде компрессордан ауа жану камерасына өтеді, онда негізгі отын - газ беріледі. Қоспаның тұтануы бар. Газ-ауа қоспасы жанған кезде ыстық газ ағыны түрінде энергия пайда болады. Бұл ағын турбинаның жұмыс доңғалағына жоғары жылдамдықпен түсіп, оны айналдырады. Компрессор мен электр генераторы турбиналық білік арқылы айналмалы кинетикалық энергиямен басқарылады. Электр генераторының терминалдарынан өндірілген электр энергиясы әдетте трансформатор арқылы электр желісіне, энергия тұтынушыларына жіберіледі.

Ауа компрессоры-бұл газ турбинына қосылатын білік арқылы айналатын турбогенератор; бұл қуат компрессордың ағынды бөлігі арқылы өтетін ауаға беріледі, нәтижесінде ауа қысымының Жану камерасындағы қысымға дейін жоғарылауына әкеледі. Компрессордағы қысымның жоғарылауы сығымдау коэффициентін көрсетеді, бұл  $P_2$  шығуындағы қысым қатынасы мен  $P_1$  кірісіндегі қысым қатынасы арасындағы айырмашылық. Турбина алдындағы газ температурасы жоғарылаған сайын қысу коэффициенті артады.

ГТҚ жану камералары жүктемелердің кең ауқымында жұмыс істейді. Олар мөлшері мен салмағы бойынша кішкентай және әртүрлі отынды жағу кезінде тиімді. Сонымен қатар, соңғы ЖК жану өнімдерімен (күкірт, азот оксидтері) зиянды заттардың шығарындыларын азайтуға тырысады. ЖК-ға пайдалану сенімділігі тұрғысынан ерекше талаптар қойылады, өйткені олар қатаң температура жағдайларына ұшырайды. ГТҚ-дағы ең күрделі элемент-газ турбиасы. Бұл оның ағынды бөлігі арқылы өтетін жұмыс газдарының өте жоғары температурасына байланысты: турбинның алдындағы газдардың температурасы 1350°C құрайды, бұл "стандартты" мән болып саналады. Егер температура 1100-ден 1450°C-қа дейін көтерілсе, абсолютті тиімділік 32-ден 40% - ға дейін артады, яғни отын үнемдеу 25% құрайды.

Газ турбиасы турбинамен жұмыс істейтін компрессордан алынған Сығылған ауа болған кезде ғана жұмыс істей алатындықтан, ГТҚ-ны сыртқы энергия көзінен (турбодетендер, стартер) іске қосу керек екені анық. Оның көмегімен компрессор жану камерасынан белгілі бір параметрлердегі газ келе бастағанға дейін және газ турбиасын бастау үшін жеткілікті мөлшерде айналады. Шығатын газдардың жоғары температурасына байланысты ГТҚ өте үнемді емес, сондықтан қазіргі ГТҚ-да қалпына келтіру циклы тиімділікті жақсарту үшін қолданылады, яғни. жану камерасына кірмес бұрын, компрессордан кейін ауаны жылыту үшін турбинадан тыс шығатын газдардың жылуы ішінара қолданылады.

Рекуператорлар-бұл жану алдында Сығылған ауаға шығарылатын жылуды беретін жылу алмастырғыштар. Жылу мен электр энергиясын аралас өндіруде пайдаланылған жылу ыстық су өндіру үшін қолданылады. Газ турбиналары поршеньді ішкі жану қозғалтқыштарына қарағанда механикалық түрде оңайырақ болуы мүмкін. Қарапайым турбиналарда бір қозғалмалы бөлік болуы мүмкін. Бұл жабдық отынның әртүрлі түрлерінде жұмыс істей алады. ГТҚ-да отынның келесі түрлері қолданылады:

## 2 БГҚ Классификациясы

БГҚ-да жұмыс істейтін денелер қолданысы, олар саны бойынша монарлық және бинарлы (БГҚ) болып бөлінеді. Бинарлы жүйеде жұмыс денелері бу турбиналық қондырғыларға (су буы мен су) және газ турбиналық циклдерге (жанармай мен ауаның жану өнімдері) бөлінеді. Монарлық қондырғыларда турбинаның жұмыс денесі су буы мен жану өнімдерінің қосылуы болып табылады. Шетелде бұл қондырғы STIG-Steam Iniectioned Gas Turbine деп аталады.

Технологиялық схемаға сәйкес бинарлы БГҚ-лар бір тізбектелген (Утилизатор қазандықта (ҚУ) бу генерациясы бір контурда жүреді ) және көп тізбекті.

### 2.1 БГҚ негізгі түрлері

Көп тізбекті өз кезегінде бөлінеді:

- екі тізбекті- қазан утилизаторда төмен және жоғары қысымды бу шығаратын екі тізбек бар;

- үш контурлы-қазан утилизаторда үш тізбекті бу генерациясы болады.

БГҚ-дың көпшілігі 48-55% тиімділікті қамтамасыз ететін қос тізбекті схеманың көмегімен жүзеге асырылады. Жана БГҚ-тары үш контурлы болады. Егер сіз контурлардың санын үштен көп жасасаңыз, онда бұл ешқандай пайда әкелмейді, өйткені инвестиция үнемделмейді.

Көп тізбекті БГҚ-ры будың аралық қыздырусыз болды және қазан утилизатор буды аралық қыздырумен де мүмкін болады. БГҚ – да бу аралық қыздырудың негізгі міндеті-соңғы сатыларда бу турбинасының рұқсат етілген ылғалдылығын жасау.

Бірақ, көп жағдайда аралық қыздыру үш тізбекті БГҚ-да қолданылады. БГҚ мақсаты бойынша жылулық және конденсациялық болып бөлінеді. Жылулық сонымен қатар бу турбинасына қосылған жылытқыштардағы желілік суды жылыту үшін қолданылады, ал конденсация тек электр энергиясын шығарады.

БГҚ турбогенераторлар біліктерінің саны бойынша көп білікті және бір білікті болып бөлінеді. Бір біліктің көп білікке қарағанда артықшылығы айқын: екіншісінің қажеттілігінсіз бір ғана жалпы қуат генераторы қажет. Дегенмен, кемшіліктерсіз болмайды:

- БГҚ электр генераторын жөндеуді қиындатады;

- ГТУ-да мүмкін емес автономды жұмыс;

- Бу турбинасын іске қосу бүкіл қондырғының іске қосылуын анықтайды, оның уақыты ГТҚ іске қосу уақытымен салыстырғанда едәуір көп. Дизайн бойынша моноблокты БГҚ екі білікті және бір білікті, полиблокты және дубльблді және БГҚ – үш және көп білікті болады.

Бүгінгі таңда энергетикада БГҚ негізгі түрлері белгілі:

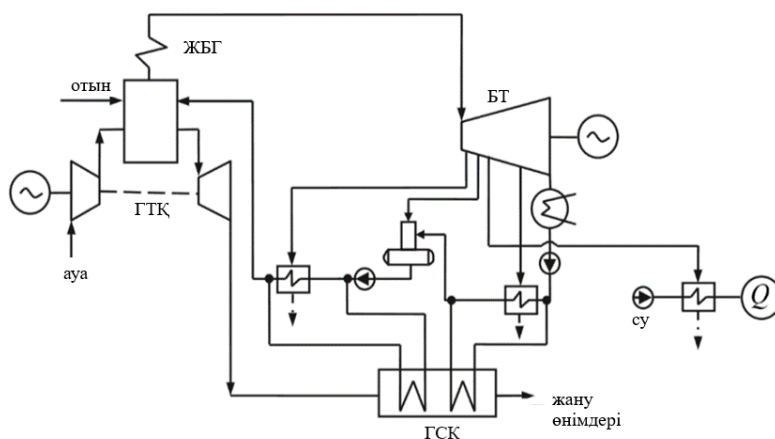
- жоғары қысымды бу генераторымен (ЖБГ бар БГҚ);
- төмен қысымды бу генераторының оттығына газдарды жібергенде (ТБГ бар БГҚ);
- қазан-утилизатормен (БГҚ -КУ);
- газ-су қыздырғышымен (ГСК бар ЖБГ бар БГҚ БГҚ);
- желілік қондырғыға газ тасмалдауымен (ЖҚГТ бар БГҚ);
- газ турбинасының ағындық бөлігіне бу шашыраусымен (БШ мен БГҚ).

БГҚ-ның алғашқы 5 түрі жұмыс денелерінің жеке ағындары бар термодинамикалық циклдермен жүзеге асырылады, ал газ турбинасының БШ жұмыс денесі бар БГҚ-ның жану өнімдері мен су буының қосындысы болып табылады.

Жоғары қысымды бу генераторы бар БГҚ бу генераторы параллель түрде ГТҚ жану камерасы мен БГҚ энергетикалық қазандығының рөлін атқарады (сурет. 1).

Ол үшін ГТҚ компрессоры есебінен қалыптасатын жоғары қысым (1,0-2,0 МПа) сақталады. Жақсартылған жылу алмасу бу генераторындағы жану өнімдерінің қысымының жоғарылауына байланысты пайда болады, бұл жылу бетіндегі металл ыдырауының төмендеуіне әкеледі. Тиімділікті арттыру үшін БШ-қа конденсаттың газ жылытқышы қойылады, ол ГТҚ шығатын газдардың температурасын төмендетеді. Бұл схеманың үлкен кемшіліктері-қиын жұмыс, жеке ГТҚ және БГҚ құру немесе сериялық қайта құру қажеттілігі.

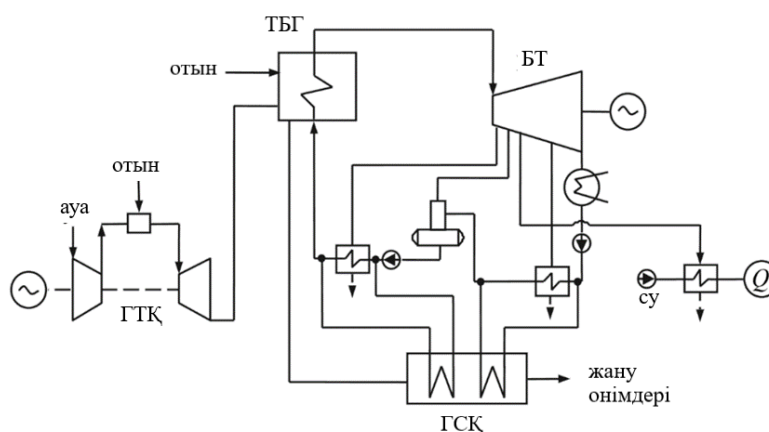
Мұндай қондырғыда БГҚ және ГТҚ қуаттылығының қатынасы отын үнемдеуге әсер етеді, ол БГҚ-сында шығысындағы бірдей деңгейде. Қазіргі уақытта бұл схема соншалықты кең таралмаған. Бірақ сонымен бірге, бұл схема БГҚ –да қатты отынды пайдалану кезінде өзінің қолданылуын таба алады.



ЖБГ-жоғары қысымды бу генератор ;БТ-бу турбинасы;ГТҚ-газ турбиналық қондырғы; ГСК-газ-су қыздырғышы

**2-сурет – ЖБГ бар БГҚ-ғының принциналды схемасы**

Көбінесе қолданыстағы бу турбиналық энергия блоктарын қайта құру кезінде ТБГ бар бу-газ қондырғылары қолданылады, бұл олардың аз санына байланысты. БГҚ-сындағы отын ГТҚ жану камерасынан басқа энергетикалық қазандыққа барады (сурет.2), бұл ретте ГТҚ жеңіл отынмен (дизель отыны немесе газ) жұмыс істейтінін, ал энергетикалық қазандық отынның кез келген түрімен жұмыс істейтінін атап өту қажет. БГҚ шығысында екі термодинамикалық цикл жүзеге асырылады. Сонымен қатар, қазандықтың ауа жылытқышының қажеті жоқ, өйткені шығатын газ ГТҚ-сынан жоғары температураға ие. Сонымен қатар, ГТҚ шығатын газдарында оттегінің жоғары мөлшері жеткілікті, сонымен қатар энергетикалық қазандықтың артында артық ауа коэффициентінің төмен болуы бу турбиналық цикл қуатының үлесі  $2/3$ , ГТУ қуатының үлесі  $1/3$  болатындығына әкеледі (қарама – қарсы қатынасы бар ПМУ-ден айырмашылығы).



ТБГ-томен қысымды бу генератор ;БТ-бу турбинасы;ГТҚ-газ турбиналық қондырғы; ГСҚ-газ-су қыздырғышы

**3-сурет – ТБГ бар БГҚ -ғының принциналды схемасы**

## 2.2 Қуаты160 МВт-тық "Жаңажол ГТЭС"

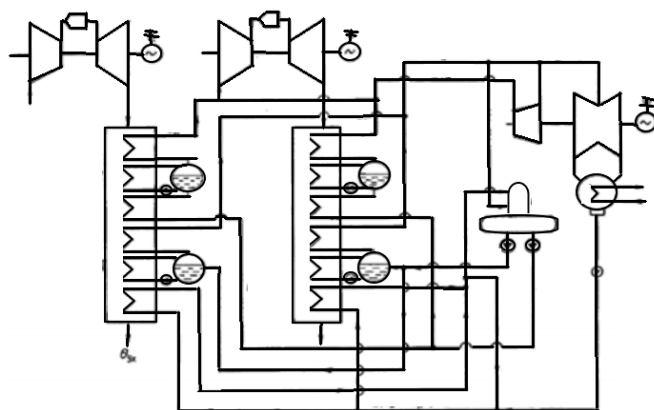
Ақтөбе облысының бірегей минералдық-шикізат базасы бар. Оның аумағында Қазақстанның көмірсутек шикізатының барланған қорларының 10% - ға жуығы және табиғи ресурстарының 30% - ы (мұнай, газ және газ конденсаты) шоғырланған, қала аумағында газ және мұнай кен орындарының көп мөлшері шоғырланған, қаланың Жаңажол ауданында электр энергиясын өндіретін газтурбиналық электр станциясы жұмыс істейді. "Жаңажол ГТЭС" ЖШС электр станциясы Ақтөбе облысы Мұғалжар ауданы Жаңажол кен орнының аумағында орналасқан. Кәсіпорынның негізгі қызметі Ақтөбе облысының тұтынушыларына электр энергиясын өндіру болып табылады. "Жаңажол ГТЭС" ЖШС құрамы: жаңа жол газ турбиналы электр станциясы

қуатты 152 МВт – ұсынылған алаңы ГТЭС. Үш жаңа энергия блогы пайдалануға берілгеннен кейін электр станциясының жалпы қуаты 152 МВт құрайды. Бүгінде станцияда "Зоря" – "Машпроект" ҒПКГ өндіретін қуаттылығы 12 МВт ДЦ59 және бес UGT 16000 – 16,3 МВт қозғалтқыштары бар екі қондырғы жұмыс істейді. Жанармай-Жаңажол кен орнының ілеспе мұнай газы қолданылады.

Жалпы, жұмыста Ақтөбе қаласындағы "Жаңажол ГТЭС" ЖШС-ны модернизациялау мақсатында қазандық утилизаторды орнату ұсынылды. Жаңғырту үшін екі контурлы БГҚ-ның схемасы қабылданды. Жаңғыртуға арналған БГҚ – ның параметрлері стандартты БГҚ-ның параметрлеріне сәйкес алынды.

### 3 Техникалық бөлім

Негізгі параметрлердің бірі екіконтурлы БГҚ кезіндегі  $t_0$  будың бастапқы бу температурасы, түрленетін ҚУ жоғары қысым контурының шығысындағы бу температурасы болып табылады. Ол жоғары болған сайын, бутурбиналы цикл ПӘК жоғары болады және шекті ылғалдылық төмен болады. Сондықтан да, оны максималды болжамды етіп таңдау керек, бірақ ГТҚ пайдаланылатын газдарының температурасы да төмен болады  $I_d$ . Әдетте  $\delta t=40-50^\circ\text{C}$  қабылдайды, осылайша төмен қысымды контурмен түрленетін бу температурасы таңдалады. Екінші тірек нүктесіне ҚУ шығысындағы қоректік су температурасы жатады. ҚУ шығыс беттерінің коррозиясын болдырмау үшін  $60^\circ\text{C}$  деңгейінде  $t$  болу керек. Оның артуы ҚУ пайдаланылатын газдары температурасының артуына және жалпы БГҚ, ҚУ ПӘК-нің төмендеуіне алып келеді. Үшінші тірек нүктеге ауасыздандырғыштағы қысым және оның қорек көзінің тәсілі жатады. Осы мақсатта ҚУ түрленетін бу қолданылады. Тірек нүктелерін таңдағаннан кейін сызбаның барлық түйінді нүктелеріне параметрлер мәнін есептеуге шамаларды енгізу қажет (қысым, температура, энтальпия, ылғалдылық, шығындар).



4-сурет – Екі контурлы БГҚ есебі бойынша

#### 3.1 Бастапқы деректер

Бастапқы деректерге сүйене отырып, екіконтурлы БГҚ есебін қарастырайық (сурет 3). 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

### 1-кесте – ГТҚ негізгі сипаттамалары

ГТҚ-ның келесідей сипаттары бар:	
Электрлік қуаты	$N_{э} = 80 \text{ МВт}$
Пайдаланылатын газдар шығыны	$G_{г} = 221,4 \text{ кг/с}$
Газдар температурасы й	$\theta = 543 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Электрлік ГТҚ ПӘК	$\eta_{э}^{ГТҚ} = 36,7 \%$
Сыртқы ауа температурасы	$t_{атм} = 15^{\circ}\text{C}$
Сыртқы ауа қысымы	$P_{атм} = 105 \text{ Па}$
Конденсатордағы қысым	$P_{к} = 5 \text{ кПа}$
Шекті ылғалдылық	$y_{к} = 10\%$
ҚУ контурындағы қысым	$P_0^{ВД} = 5 \text{ МПа}; P_0^{HD} = 0,5 \text{ МПа}$
Ауасыздандырғыш тағы қысым	$P_{д} = 0,5 \text{ МПа}$

### 3.2 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:

$$G_{г}(I_d - I_{ЭК}^{ВД}) = G_{п}^{ВД}(h_0^{ВД} - h_{ЭК}^{ВД}), \quad (3.1)$$

мұндағы  $G_{г} = 221,4 \text{ кг/с}$  – бір ГТҚ шығатын газдар шығыны;  $I_d = 570 \text{ кДж/кг}$  – ГТҚ шығатын газдар энтальпиясы А суреттегі график бойынша анықталады (Қосымша А);  $h_0^{ВД} = 3487 \text{ кДж/кг}$  – ҚУ жоғары қысымды қыздырғышы шығысындағы және жоғарғы қысымды экономайзердегі бу энтальпиясы ( $(p_0^{ВД} = 5 \text{ Мпа})$  қысымындағы қанығу күйінде).

$$h_{ЭК}^{ВД} = 1154,6 \text{ кДж/кг}$$

Жоғарғы қысым буының энтальпиясы h-s диаграммасы бойынша немесе [2] бойынша анықталады. Температура  $t_0^{ВД}$  мен қысымды  $p_0^{ВД}$

анықтауға арналған параметрлер. Экономайзердегі  $t_0^{ВД} = 264 \text{ }^\circ\text{C}$  энтальпия қанығу температурасына сәйкес анықталады. Температуралық қысымды таңдай отырып  $\delta t = 31 \text{ }^\circ\text{C}$ , газ температурасын табамыз.

$$\theta_{ЭК}^{ВД} = t_s + \delta t_{ЭК} = 264 + 31 = 295 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (3.2)$$

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

$$I_{ЭК}^{ВД} = \theta_{ЭК}^{ВД} * C_{ср} = 295 * 1,05 = 309,75 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}};$$

$$I_{ЭК}^{ВД} = 309,75 \text{кДж/кг}.$$

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

$$G_{П}^{ВД} = \frac{G_{Г}(I_d - I_{ЭК}^{ВД})}{(h_0^{ВД} - h_{ЭК}^{ВД})} = \frac{221,4 * (570 - 309,75)}{(3487 - 1154,6)} = 24,7 \text{ кг/с}.$$

Жоғарғы қысым контурының экономайзері үшін келесі қатынастар әділетті болады:

$$G_{Г}(I_{ЭК}^{ВД} - I_{УХ}^{ВД}) = G_{П}^{ВД} (h_{ЭК}^{ВД} - h_d), \quad (3.3)$$

Мұндағы  $h_d = 640 \text{ кДж/кг}$  – ауасыздандырғыштан түсетін қоректік су энтальпиясы (ауасыздандырғыштағы  $P^{HD} = 0,6 \text{ Мпа}$  қысымды қабылдай отырып);  $I_{УХ}^{ВД}$  – ВД контурының жылу алмастырғышынан шығатын газдар энтальпиясы (жоғары қысымды контур энтальпиясындағы газдар энтальпиясы), ол анықталады:

$$I_{УХ}^{ВД} = I_{ЭК}^{ВД} - \frac{G_{П}^{ВД}(h_{ЭК}^{ВД} - h_d)}{G_{Г}} = 309,75 - \frac{24,7 * (1154,6 - 640)}{221,4}$$

$$= 252,33 \text{ кДж/кг}$$

Бұл газдар температурасына сәйкес келеді  $\theta_{УХ}^{ВД} = 240,3 \text{ }^\circ\text{C}$ .

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

$$G_{Г}(I_{УХ}^{ВД} - I_{ГПК}) = G_{П}^{HD} (h_0^{HD} - h_{ЭК}^{ВД}), \quad (3.4)$$

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

$\theta_0^{HD} = t_s + \delta t_0^{HD} = 152 + 20 = 172 \text{ }^\circ\text{C}$ , мұндағы  $\delta t_0^{HD} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  – пинч-нүктедегі температуралық қысым.

$$I_{ЭК}^{HD} = \theta_{ЭК}^{HD} * C_{ср} = 172 * 1,05 = 180,6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}};$$

$I_{\text{ЭК}}^{\text{HD}}=180,6\text{кДж/кг}$  аламыз. Төменгі қысым шығысындағы бу энтальпиясы контурдағы қысымы және температурасы бойынша анықталады  $p_0^{\text{HD}} = 0,5 \text{ МПа}$ .  $\theta_{\text{УХ}}^{\text{ВД}} = 240,3 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_0^{\text{HD}} = \theta_{\text{УХ}}^{\text{ВД}} - \delta t^{\text{HD}}=240,3-30=210,3 \text{ }^\circ\text{C}$ , мәнін алу үшін Қосымша А көрсетілген тәуелділікті пайдалану қажет.

$h_0^{\text{HD}} = 2876,8 \text{ кДж/кг}$  аламыз, Төмен қысымды контур барабанындағы судың энтальпиясы (қысымдағы қанығу күйіндегі су энтальпиясы) -  $h_6^{\text{HD}} = 640 \text{ кДж/кг}$ .

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

$$G_{\Gamma}(I_{\text{УХ}}^{\text{ВД}} - I_{\text{ГПК}}) = G_{\Pi}^{\text{HD}}(h_0^{\text{HD}} - h_{\text{ЭК}}^{\text{ВД}}) = 221,4 * \frac{(309,75-180,6)}{(2876,8-640)} = 12,78\text{кг/с}$$

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

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

Ауасыздандырғыштың жылу теңгерімі теңдеуінен:

$$[2(G_{\Pi}^{\text{ВД}} + G_{\Pi}^{\text{HD}}) - G^{\text{Д}}]h_{\text{ГПК}} + G^{\text{Д}}h_0^{\text{HD}} = 2(G_{\Pi}^{\text{ВД}} + G_{\Pi}^{\text{HD}})h_{\text{Д}}, \quad (3.5)$$

Ауасыздандырғыштағы бу шығынын табамыз:

$$G^{\text{Д}} = \frac{2(G_{\Pi}^{\text{ВД}} + G_{\Pi}^{\text{HD}})(h_{\text{Д}} - h_{\text{ГПК}})}{h_0^{\text{HD}} - h_{\text{ГПК}}} = \\ = 2(24,7 + 12,78) * \frac{640 - 460}{2876,8 - 460} = 5,58\text{кг/с}.$$

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

$$[2(G_{\Pi}^{\text{ВД}} + G_{\Pi}^{\text{HD}}) - G^{\text{Д}}]h_{\text{К}} + G^{\text{П}}h_{\text{ГПК}} = (2(G_{\Pi}^{\text{ВД}} + G_{\Pi}^{\text{HD}}) - G^{\text{Д}} + G^{\text{П}})h_{\text{ПВ}}, \quad (3.6)$$

Мұндағы  $h_{\text{К}}= 138 \text{ кДж/кг}$  -  $p_{\text{К}} = 5 \text{ кПа}$  қанығу күйіндегі конденсат энтальпиясы, рециркуляция шығынын анықтауға мүмкіндік береді:

$$G^{\text{П}} = \frac{[2(G_{\Pi}^{\text{ВД}} + G_{\Pi}^{\text{HD}}) - G^{\text{Д}}](h_{\text{ПВ}} - h_{\text{К}})}{h_{\text{ГПК}} - h_{\text{ПВ}}} =$$

$$= \frac{[2(24,7 + 12,78) - 5,58] * (251 - 138)}{(460 - 251)} = 37,5 \text{ кг/с}$$

ГПТ арналған жылу теңгерімінің теңдеуінен:

$$(3.7) \quad G_{\Gamma}(I_{\Gamma\text{ПК}} - I_{\text{УХ}}) = (G_{\text{П}}^{\text{ВД}} + G_{\text{П}}^{\text{НД}} - \frac{G^{\text{Д}}}{2} + \frac{G^{\text{Р}}}{2})(h_{\Gamma\text{ПК}} - h_{\text{ПВ}}),$$

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

$$\begin{aligned} I_{\text{УХ}} &= I_{\Gamma\text{ПК}} - \frac{(G_{\text{П}}^{\text{ВД}} + G_{\text{П}}^{\text{НД}} - \frac{G^{\text{Д}}}{2} + \frac{G^{\text{Р}}}{2}) * (h_{\Gamma\text{ПК}} - h_{\text{ПВ}})}{G_{\Gamma}} \\ &= 180,6 - \frac{(24,7 + 12,78 - \frac{5,58}{2} + \frac{37,5}{2}) * (460 - 251)}{221,4} \\ &= 130 \text{ кДж/кг} \end{aligned}$$

Пайдаланылатын газдар температурасы 2 суретке сәйкес,  $I_{\text{УХ}}$  мәніне тәуелді келесідей болады  $I_{\text{УХ}} = 169,8^{\circ}\text{C}$ . ҚУ ПӘК формула бойынша анықтаймыз :

$$\eta_{\text{КУ}} = \frac{I_d - I_{\text{УХ}}}{I_d - I_a} = \frac{570 - 130}{570 - 15,4} = 0,79$$

ГТҚ газдары мен бу турбиналы циклға берілетін жылу,

$$Q_{\text{газ}} = 2G_r(I_d - I_{\text{УХ}}) = 2 \cdot 221,4 * (570 - 169,8) = 194832 \text{ кВт};$$

бумен алынатын,

$$\begin{aligned} Q_{\text{пар}} &= 2 * G_{\text{П}}^{\text{ВД}} * h_0^{\text{ВД}} + (2G_{\text{П}}^{\text{НД}} - G^{\text{Д}})h_0^{\text{НД}} - [2 * (G_{\text{П}}^{\text{ВД}} + G_{\text{П}}^{\text{НД}}) - G^{\text{Д}}]h_{\text{к}} = \\ &= 2 * 24,7 * 3487 + (2 * 12,78 - 5,58) * 2876,8 - [2 * (24,7 + 12,78) - 5,58] \\ &\quad * 138 = 220161,8 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Ары қарай бір ҚУ жылу қуаты орташа мәнге тең болады  $Q_{\text{КУ}} = 207496,9/2 = 202212,45 \text{ кВт}$ .

Суға (буға) берілетін жылу ҚУ жеке элементтерінде:

-ГПК үшін

$$Q_{\text{ГПК}} = \left( G_{\text{п}}^{\text{ВД}} + G_{\text{п}}^{\text{НД}} - \frac{G^{\text{Д}}}{2} + \frac{G^{\text{Р}}}{2} \right) * (h_{\text{ГПК}} - h_{\text{ПВ}})$$

$$= \left( 24,7 + 12,78 - \frac{5,58}{2} + \frac{37,5}{2} \right) * (460 - 251) = 11168,9 \text{ кВт}$$

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  $r_{\text{нд}} = 2108,4 \text{ кДж/кг}$  -  $p_0^{\text{НД}}$  қысымы бойынша анықталған булану жылуы; төмен қысымды бу қыздырғыштар үшін:

$$Q_{\text{пп}}^{\text{НД}} = G_{\text{п}}^{\text{НД}} (h_0^{\text{НД}} - h_s^{\text{НД}}) = 12,78 * (2876,8 - 2792,8) = 1073,52 \text{ кВт}$$

Мұндағы  $h_s^{\text{НД}} = 2792,8 \text{ кДж/кг}$  -  $p_0^{\text{НД}}$  қысымындағы қаныққан бу энтальпиясы, жоғарғы қысым экономайзері үшін:

$$Q_{\text{ЭК}}^{\text{ВД}} = G_{\text{п}}^{\text{ВД}} (h_{\text{ЭК}}^{\text{ВД}} - h_{\text{д}}) = 24,78 * (1154,6 - 640) = 12751,78 \text{ кВт};$$

Жоғарғы қысым буландырғышы үшін;

$$Q_{\text{исп}}^{\text{ВД}} = G_{\text{п}}^{\text{ВД}} r^{\text{ВД}} = 24,7 * 1638,2 = 40594,6 \text{ кВт};$$

Мұндағы  $r^{\text{ВД}} = 1638,2 \text{ кДж/кг}$  -  $p_0^{\text{ВД}}$  қысымы бойынша анықталған булану жылуы; жоғарғы қысымды бу қыздырғыштар үшін:

$$Q_{\text{пп}}^{\text{ВД}} = G_{\text{п}}^{\text{ВД}} (h_0^{\text{ВД}} - h_s^{\text{ВД}}) = 24,7 * (3487 - 2792,8) = 1714,7 \text{ кВт};$$

мұндағы  $h_s^{\text{ВД}} = 2792,8 \text{ кДж/кг}$  -  $p_0^{\text{ВД}}$  қысымындағы қаныққан бу энтальпиясы, жоғарғы қысым экономайзері үшін:

Тиісті қатысты шамалар:

$$\bar{Q}_{\text{ГПК}} = \frac{Q_{\text{ГПК}}}{Q_{\text{ку}}} = \frac{11168,9}{202212} = 0,05; \bar{Q}_{\text{исп}}^{\text{НД}} = 0,9; \bar{Q}_{\text{пп}}^{\text{НД}} = 0,005$$

$$\bar{Q}_{\text{ЭК}}^{\text{ВД}} = 0,06 \bar{Q}_{\text{исп}}^{\text{ВД}} = 0,2; \bar{Q}_{\text{пп}}^{\text{ВД}} = 0,01;$$

### 3.3 Бу турбинының болжамды есебі

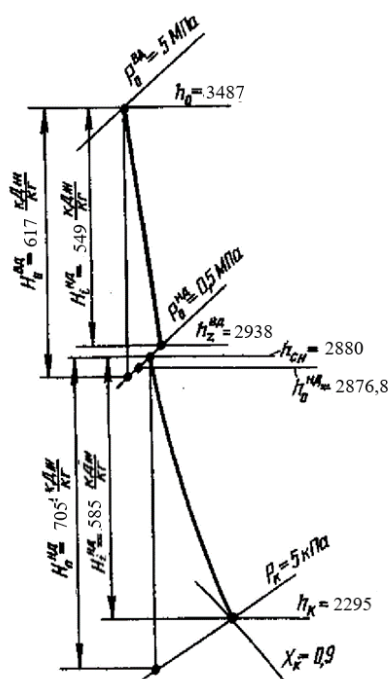
Бу турбинының ішкі қатысты ПӘК есептеу екі сатыда жуық формулалар бойынша анықталады. Алдымен жоғарғы қысым бөлігінің ПӘК

дейін), сонымен бірге  $\eta^{Б.Д}$  араластыру камерасындағы бу ағынының параметрлері; одан кейін араластыру камерасындағы бу параметрлері анықталады және төмен қысымды бөліктің  $\eta^{БД}$  қатысты ПӘК есептейміз (араластыру камерасынан конденсаторға дейін). Турбинадағы буды кеңейту үрдісі h-s диаграммасында (қосымша В) көрсетілген. Бу турбины дроссельді бу таратқышпен орындалды делік. Онда  $\eta^{БД}$  мәнін аз дұрыстық сатысының топтарына арналған жуық эмпирикалық формула бойынша анықтауға болады:

$$\eta_{oi}^{Б.Д} = (0,92 - 0,2 / (G * V_{cp})) * (1 + (H_0^{БД} - 7 * 10^2) / 2 * 10^4) K_{вЛ}, \quad (3.8)$$

Мұндағы  $v_{cp} = (v_0 v_z)^{0,5}$ ,  $H_0^{БД} = 617$  кДж/кг – сатылар тобының жылу құламасы,  $K_{вЛ} = 1$  (сатылар тобы қыздырылған бумен жұмыс істейді).

h-s диаграммасын пайдалана отырып, турбина кірісіндегі будың меншікті көлемін  $v_0 = 0,07$  м<sup>3</sup>/кг және ЖҚБ шығысындағы будың меншікті көлемін анықтаймыз  $v_z = 0,45$  м<sup>3</sup>/кг;  $v_{cp} = (v_0 v_z)^{0,5} = 0,177$  м<sup>3</sup>/кг.



5-сурет - Екі қысымды турбинадағы будың кеңейуі

Пайдаланылмаған бу шығыны  $G_{п}^{БД} = 2 * 24,7 = 49,4$  кг/с және формула бойынша (1) аламыз

$$\eta_{oi}^{Б.Д} = ((0,92 - 0,2 / (49,4 * 0,177)) * (1 + (617 - 7 * 10^2) / 2 * 10^4)) = 0,89$$

Пайдаланылған жылу құламасы

$$H_i^{B,D} = H_o * \eta_{oi}^{B,D} = 617 * 0,89 = 549 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}, \quad (4.9)$$

ЖҚБ шығысындағы бу энтальпиясы

$$h_k^{B,D} = h_o^{B,D} - H_i^{B,D} = 3487 - 549 = 2938 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

ТҚБ алдындағы бу энтальпиясы анықталады:

$$h_{cm}^{H,D} = [2G^{B,D} * h_k^{B,D} + (2G^{H,D} - G^D) * h_o^{H,D}] / [2(G^{B,D} - G^{H,D}) - G^D] \\ [2 * 24,7 * 2938 + (2 * 12,78 - 5,58) * 2876,8] / [2 * (24,7 + 12,78) - 5,58] = \\ = 2920 \text{кДж/кг};$$

Осылайша, төмен қысымды бөлік кірісіндегі бу келесідей параметрлерге ие болады:  $h_{cm}^{H,D} = 2920$  кДж/кг,  $p^{H,D} = 0,5$  МПа,  $t^{H,D} = 270^\circ\text{C}$ .

ТҚБ ПӘК есебіне арналған эмпирикалық тәуелділікті пайдаланайық :

$$\eta_{oi}^{H,D} = 0,87(1 + (H_o^{H,D} - 400)/10^4)$$

$$K_{вл} \Delta H_{в.с} / H_o^{H,D}, \quad (3.10)$$

Мұндағы  $H_o^{H,D} = 705$  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.

$$G_\Sigma = 2(G_{II}^{B,D} + G_{II}^{H,D}) - G^D = 2 * (24,7 + 12,78) - 5,58 = 69,38 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

$P_k = 5$  кПа; қысымында және ТҚБ шығысындағы будың бастапқы параметрлерінде будың меншікті көлемін  $h-s$ - диаграммасы бойынша анықтауға болады:  $\nu_k = 25$  м<sup>3</sup>/кг. Көлемдік шығын  $G\nu = G\nu_k = 69,38 * 25 = 1734,5$  м<sup>3</sup>/с. ЖҚЦ екі ағынды құрылымын және бір ағындағы көлемдік шығынды (сурет 5) график бойынша қабылдаймыз  $867$  м<sup>3</sup>/с, ұзындығы  $l = 960$  мм, диаметрі  $1,52$  м құрайтын ЛМЗ өндірісінің стандарты күрекшесін таңдаймыз, оған  $\Delta H_{в.с} = 22$  кДж/кг шығыс жылдамдығы бар шығын сәйкес келеді. Ылғалдың ықпалын есепке алатын коэффициент:

$$k_{\text{вл}} = 1 - 0,4(1 - \gamma_{\text{вл}})(\gamma_o \gamma_z)(H_o^{\text{вл}}/H_o^{\text{н.д}}), \quad (3.11)$$

Мұндағы  $H_o^{\text{гр}} = H_o^{\text{н.д}} = 705 \text{ кДж/кг}$ ,  $H_o^{\text{вл}} = 5 \text{ кДж/кг}$  — ылғалды бу зонасындағы жылу құламасы (h-s-диаграммасы бойынша), үрдіс басындағы ылғалдылық  $y_o = 0$ , кеңейту үрдісі соңында алғашқы жуықтауды қабылдаймыз  $y_z = 0,1$ ; коэффициент  $u_{\text{вл}} = 0,1$ .

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

ТҚЦ ПӘК табамыз:

$$\eta_{oi}^{\text{н.д}} = 0,87(1 + (705 - 400)/10^4) * 0,97 - 22/705 = 0,83$$

ТҚЦ пайдаланылған жылу құламасы:

$$H_i^{\text{н.д}} = H_o * \eta_{oi}^{\text{н.д}} = 705 * 0,83 = 585,15 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}};$$

Кеңейту үрдісі соңындағы бу энтальпиясы:

$$h_{\text{к}}^{\text{н.д}} = 2880 - 585,15 = 2294,85 \text{ кДж/кг}.$$

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

Бу турбинасының ішкі қуаты;

$$\begin{aligned} N_i^{\text{п.т}} &= 2G^{\text{в.д}}H_o^{\text{в.д}}\eta_{oi}^{\text{в.д}} + [2(G^{\text{в.д}} + G^{\text{н.д}}) - G^{\text{д}}]H_o^{\text{н.д}}\eta_{oi}^{\text{н.д}} \\ &= 2 * 24,7 * 617 * 0,89 + [2(24,7 + 12,78) - 5,58] * 705 \\ &\quad * 0,83 = 70983,9 \text{ кВт}. \end{aligned}$$

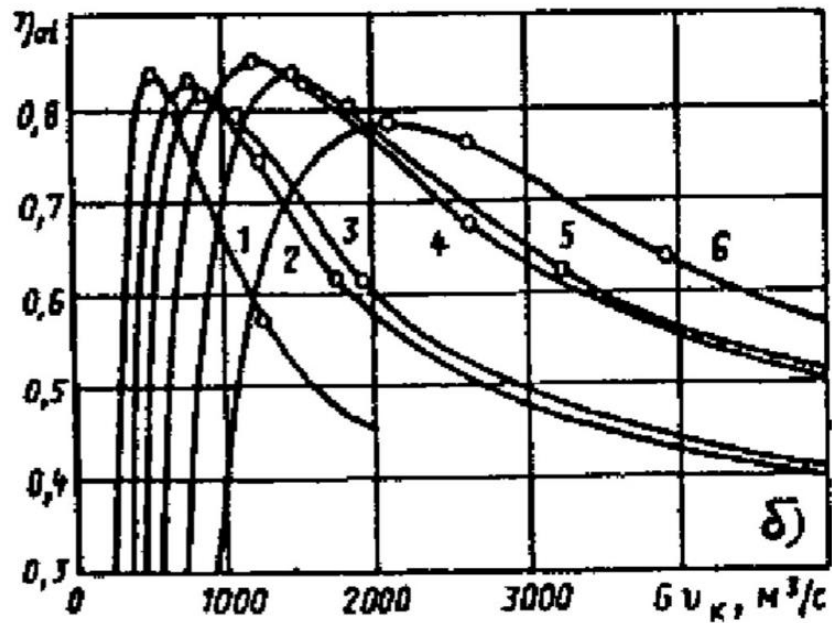
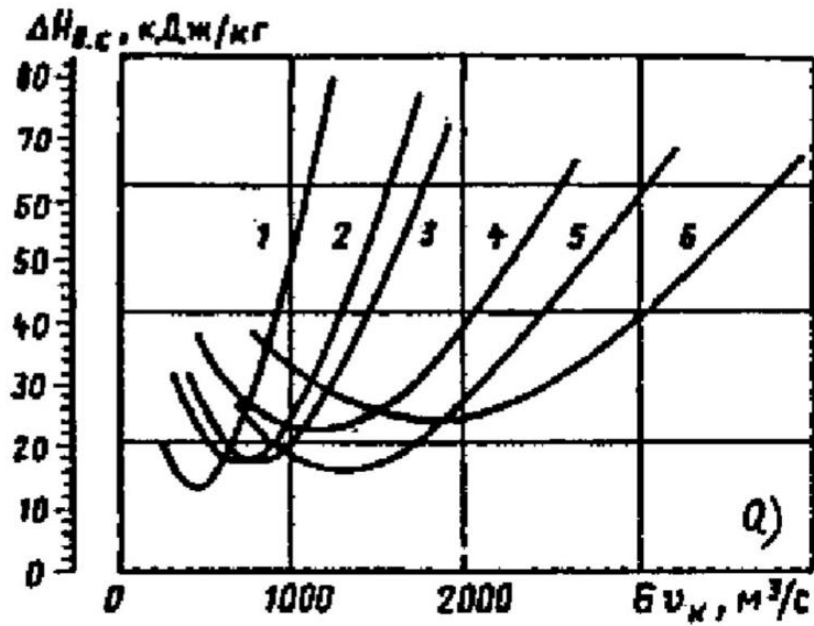
Бу турбинасының иелік қуаты

$$\begin{aligned} N_o^{\text{п.т}} &= 2G^{\text{в.д}}H_o^{\text{в.д}} + [2(G^{\text{в.д}} + G^{\text{н.д}}) - G^{\text{д}}]H_o^{\text{н.д}} \\ &= 2 * 24,7 * 617 + [2(24,7 + 12,78) - 5,58] * 705 = 79392,7 \text{ кВт}. \end{aligned}$$

Бу турбинасының ішкі қатысты ПӘК қуаттары

$$\eta_{oi}^{\text{п.т}} = N_i^{\text{п.т}}/N_o^{\text{п.т}} = \frac{70983,9}{79392,7} = 0,89$$





а –  $G_{vк}$  тәуелді шығыс жылдамдықтары бар шығындар  $\Delta H_{вс,б}$  – 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).

**6-сурет - стандартты ЛМЗ күрекшелері бар ТҚЦ шығыс сипаттамалары**

### 3.4 БГҚ экономикалық көрсеткіштерін анықтау

Механикалық ПӘК  $\eta_M = 0,99$  ,электіргенетаротдың ПӘГі таблицадан аламыз ;  $\eta_{\text{Э.Г}}^{\text{ПГУ}} = 0,98$ .

Абсолютті ішкі БТҚ ПӘК

$$\eta_o^{\text{ПГУ}} = N_i / Q_{\text{кy}} = \frac{70983,9}{207596,9} = 0,34, \quad (3.12)$$

Абсолютті электрлік БСҚ ПӘК

$$\eta_{\text{Э}}^{\text{ПСУ}} = \eta_i^{\text{ПГУ}} \eta_{\text{кy}} \eta_M \eta_{\text{ЭГ}} = 0,34 * 0,795 * 0,99 * 0,980,26, \quad (3.13)$$

БГҚ электр қуаты

$$N_{\text{Э}}^{\text{ПГУ}} = 2N_{\text{Э}}^{\text{ГТУ}} + N_i^{\text{П.Т}} \eta_M \eta_{\text{ЭГ}} = 2 * 80 + 70 * 0,99 * 0,98 = 227,9\text{МВт}, \quad (3.14)$$

ГТҚ жану камерасына берілетін жылу

$$Q_{\text{к.с}} = 2N_{\text{Э}}^{\text{ПГУ}} / \eta_{\text{Э}}^{\text{ГТУ}} = 2 * 80 / 0,36 = 444,444\text{МВт}, \quad (3.15)$$

Абсолютті электрлік БГҚ ПӘК

$$\eta_{\text{Э}}^{\text{ПГУ}} = N_{\text{Э}}^{\text{ПГУ}} / Q_{\text{к.с}} = 227,9 / 444,4 = 0,51, \quad (3.16)$$

#### 4 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 267120тг шеңберінде түрленеді. 1кВт құрылысының құны **Косымша С** алынды. Бұдан біз қуаттылығы 227,9 МВт болатын БГҚ құнын есептей аламыз.

К - күрделі салым, млн тг/жыл:

$$K = 267120 * 227900\text{кВт} = 60876 * 10^6$$

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

$$U_{\Sigma} = U_T + U_{ЗП} + U_A + U_{ТР} + U_{ПР}, \quad (4.1)$$

мұндағы  $U_T$ -отын шығындары;

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

$U_A$ -негізгі өндірістік қорлардың амортизациясы;

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

$U_{ПР}$  - басқа шығындар.

#### 4.1 БГҚ-ның отын шығындарын есептеу

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

$$T_p = 8760 - T_{рем}, \quad (4.2)$$

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

$$T_p = 8760 - 1052 = 7708$$

БГҚ электр энергиясын өндіру, МВт сағ:

$$W = N_{уст} - T_{уст}, \quad (4.3)$$

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

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

$$W = 227,9 * 7308 = 1665493,2$$

Электр станциясының орташа жүктемесі, МВт:

$$P_{\text{ПГУ}} = W / T_p, \quad (4.4)$$

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

$$P_{\text{ПГУ}} = 1665493,2 / 7708 = 216,07$$

Энергия блогының орташа жылдық жүктемесі, МВт:

$$P_{\text{БЛ}} = P_{\text{ПГУ}} / n_{\text{БЛ}}, \quad (4.5)$$

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

$$P_{\text{БЛ}} = 216,07 / 1 = 216,07$$

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

$$V_{\text{УСТ}} = (b_{\text{ХХ}} * P_{\text{Н}} + b_1 * P_{\text{БЛ}} + (b_2 - b_1) * (P_{\text{БЛ}} - P_{\text{ЭК}})) * T_p * n_{\text{БЛ}}, \quad (4.6)$$

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

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

$P_{\text{Н}}$  және  $P_{\text{ЭК}}$  - экономикалық және номиналды қуаты, МВт.

$$V_{\text{УСТ}} = (0,024 * 227,9 + 0,284 * 216,07 + (0,284 - 0,284) * (216,07 - 227,9)) * 7708 * 1 = 515152,46$$

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

$$V_{\text{неуст}} = V_{\text{п6-10ч}} * n_{\text{п6-10ч}} + n_{\text{БЛ}} * V_{\text{пх.с}} * n_{\text{пх.с}} * n_{\text{БЛ}}, \quad (4.7)$$

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

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

$$V_{\text{неуст}} = 0 * 10 * 1 + 400 * 2 * 1 = 800$$

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

$$B = B_{уст} * B_{неуст}, \quad (4.8)$$

$$B = 515152,46 + 800 = 515952,46$$

Отынға шығындар, млн.тг./ жыл:

$$U_T = Ц * B * 10^{-6}, \quad (4.9)$$

мұндағы Ц-табиғи газдың бағасы, тг. / т у. т.

$$U_T = 7\,553,79 * 515952,46 * 10^{-6} = 3897,39$$

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

$$U_{зп} = N_y * n_y + \Phi_{зп} * 10^{-6}, \quad (4.10)$$

мұндағы  $n_y$ -штаттық коэффициент;

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

$$U_{зп} = 227,9 * 0,89 * 223213 * 10^{-6} = 45,2$$

Амортизациялық аударымдардың мөлшері, млн. тг./жыл:

$$U_A = K * H_A, \quad (4.11)$$

мұндағы  $H_A$ -жалпы станция амортизациясының орташа нормасы;

$$U_A = 0,08 * 60876 = 4870,13$$

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

$$U_{тр} = K * H_{тр}, \quad (4.12)$$

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

$$U_{тр} = 60876 * 0,05 = 3043,8$$

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:

$$U_T = 0,2 * (4870,13 + 3043,8 + 45,2) + 0,095 * 45,2 = 1596$$

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

$$U_T = 0,2 * (U_A + U_{TP} + U_{3П}) + БЖТ, \quad (4.13)$$

Пайдалану шығындары, млн. тг./жыл:

$$U_{\Sigma} = 3897,39 + 4870,13 + 3043,8 + 45,2 + 1596 = 13452,54$$

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

Станцияның шиналарынан энергияны жылдық босату, МВт сағ:

$$W_{OTП} = W * (1 - a_{CH}), \quad (4.14)$$

мұндағы  $a_{CH}$ -станцияның өз қажеттіліктеріне жұмсалатын электр энергиясының коэффициенті.

$$W_{OTП} = 1665493,2 * (1 - 0,05) = 1582218,54$$

Жіберілген энергияның өзіндік құны, тг. / кВт сағ:

$$U_{OTП}^{\Sigma} = U_{\Sigma} / W_{OTП}, \quad (4.15)$$

$$U_{OTП}^{\Sigma} = 13452,54 / 1582,218 = 8,5$$

Өндірілген энергияның өзіндік құны, тг. / кВт сағ:

$$U_{ВЫР}^{\Sigma} = \frac{U_{\Sigma}}{W}, \quad (4.16)$$

$$U_{ВЫР}^{\Sigma} = \frac{20310}{1665,493} = 8$$

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

$$B_{\text{выр}} = B / W, \quad (4.17)$$

$$B_{\text{выр}} = 515952,46 / 1665493,2 = 0,3$$

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

$$B_{\text{отп}} = B / W_{\text{отп}}, \quad (4.16)$$

$$B_{\text{отп}} = 2212378 / 1582218,54 = 0,32$$

### 4.3 ГТҚ -ның отын шығындарын есептеу

ГТҚ құрылысына қанша қаражат жұмсалатынын білуіміз қажет. Шамамен ГТҚ құрылысының құны белгіленген қуаттың 1 кВт 168000 үшін тг шеңберінде түрленеді. 1кВт құрылысының құнын **Косымша С** алынды. Бұдан біз қуаттылығы 160 МВт болатын БГҚ құнын есептей аламыз.

$K$  - күрделі салым, млн тг/жыл:

$$K = 168000 * 160000 \text{ кВт} = 26880 * 10^6$$

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

$$T_p = 8760 - 1052 = 7708$$

БГҚ электр энергиясын өндіру, МВт сағ:

$$W = 160 * 7308 = 1169280$$

Электр станциясының орташа жүктемесі, МВт :

$$P_{\text{пгу}} = 1169280 / 7708 = 151,69$$

Энергия блогының орташа жылдық жүктемесі, МВт :

$$P_{\text{бл}} = 151,69 / 2 = 75,8$$

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

$$B_{уст} = (0,024 * 160 + 0,284 * 75,8 + (0,284 - 0,284) * (75,8 - 160)) * 7708 * 1 = 394566$$

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

$$B_{неуст} = 0 * 10 * 1 + 400 * 2 * 2 = 1600$$

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

$$B = 394566 + 1600 = 396166$$

Отынға шығындар, млн.тг./ жыл:

$$U_T = 7\,553,79 * 396166 * 10^{-6} = 2992,5$$

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

$$U_{ЗП} = 160 * 0,89 * 223213 * 10^{-6} = 31,7$$

Амортизациялық аударымдардың мөлшері, млн. тг./жыл:

$$U_A = 0,08 * 26880 = 2150,4$$

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

$$U_{ТР} = 26880 * 0,05 = 1344$$

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:

$$U_T = 0,2 * (2150,4 + 1344 + 31,7) + 0,095 * 31,7 = 708,23$$

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



$$U_T = 0,2 * (U_A + U_{TP} + U_{3П}) + БЖТ$$

Пайдалану шығындары, млн. тг./жыл:

$$U_{\text{э}} = 2992,5 + 2150,4 + 1344 + 31,7 + 708,23 = 7226,83$$

#### **4.4 ГТҚ -ның электр энергиясы бірлігінің өзіндік құнын есептеу**

Станцияның шиналарынан энергияны жылдық босату, МВт сағ:

$$W_{\text{отп}} = 1169280 * (1 - 0,05) = 1110816$$

Жіберілген энергияның өзіндік құны, тг. / кВт сағ:

$$U_{\text{отп}}^{\text{э}} = 7226,83 / 1110,816 = 6,5$$

Өндірілген энергияның өзіндік құны, тг. / кВт сағ:

$$U_{\text{выр}}^{\text{э}} = \frac{7226,83}{1169,280} = 6,1$$

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

$$B_{\text{выр}} = 396166 / 1169280 = 0,33$$

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

$$B_{\text{отп}} = 396166 / 1110816 = 0,356$$

#### **4.5 Модернизациядан киінгі салыстыру**

Бұл жобада энергоблоктың модернизация есебі жүргізілді. 160МВт "Жаңажол ГТЭС" электростанциясының қуатын толық қолдану үшін шығатын газдардың температурасын қазан утилизатор арқылы суды жылытып, бу турбинасына жұмысқа қосу есебі жүргізілді. Есеп барысында:

- қазан утилизатордың есебі;
- Бу турбинасының болжамды есебі;
- БГҚ экономикалық көрсеткіштерін анықтау есебі.

Есептеуден киін БГҚ сының ПЭК ті мен толық қуатты шығарылды. Бар деректерден ГТҚ гы мен БГҚ гысының салыстыру кетсесін шығарамыз.

Салыстыру үшін 1кВт электроэнергиясының бірлігінің өзіндік құнын есептелді.

**2-кесте- ГТҚ мен БГҚ-ны салыстыру**

Көрсеткіш атауы	Көрсеткіштің мәні	
	ГТҚ	БГҚ
Белгіленген қуаты, МВт	160	227,9
Өндірілген кВт сағ, шартты отынның үлестік шығыны кг ш.о./кВт сағ	0,33	0,3
Жіберілген кВт сағ-қа шартты отынның үлестік шығыны, кг ш.о. / кВт сағ	0,356	0,32
Энергияның өзіндік құны, тг. / кВт сағ	6,1	8
а) өндірілген	6,5	8,5
б) жіберілген		
ПӘК, %	36,7	51

## ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыста газ турбиналық қондырғыны модернизациялаудың шешімі ретінде қазан утилизатор қосу арқылы есептелді. Нақты Ақтөбе "Жаңажол ГТЭС" 160МВт станциясында. Станция аумағындағы электроэнергиясының дефициті болғандықтан, станция бір-нәшерет қуаттын көтеру арқылы модернизациялады. Қуаттың 160МВт-қа көтергеннен кейін өңірдегі электр энергиясының тапшылығы осылайша 60 МВт-қа дейін қысқарды. Бұл жұмыста есептеген БГҚ-ның қуаты аймақтағы электроэнергия тапшылығын толық өттеуге жеткілікті.

Есептеу үшін А.Д. Трухний, С. В. Петруниннің "расчет тепловых схем парогазовых установок утилизационного типа" есебі қолданылды. Есептеулерде екі қысымды турбинадағы будың кеңеюі процесі салынды және БГҚ экономикалық көрсеткіштерін есептеу жүргізілді.

Электр қуатын есептеу нәтижелері қазан утилизатор пайдалану кезінде менің есептеуімде БГҚ-ның тиімділігі мен жалпы қуаты өскені көрсетілген деп айта аламыз.

Бу-газ қондырғысының толық есебінен кейін, біз қуаты 160 МВт-ты ГТЭС ты модернизациясын есептедік. Біз теориялық есептеуде қуаты 227,9МВт-ты БГҚ-сын есептеп шығардық. Яғни, ГТЭС тың қуатын қазандық утилизатор арқылы 67,9 МВт арттыруға болатынын көре аламыз. Осы жаңғырту жобасын қолдана отырып, еліміздегі қала мен аудандардағы электр тапшылығын едәуір азайтуға болады.

## БЕЛГІЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАРДЫҢ ТІЗБЕСІ

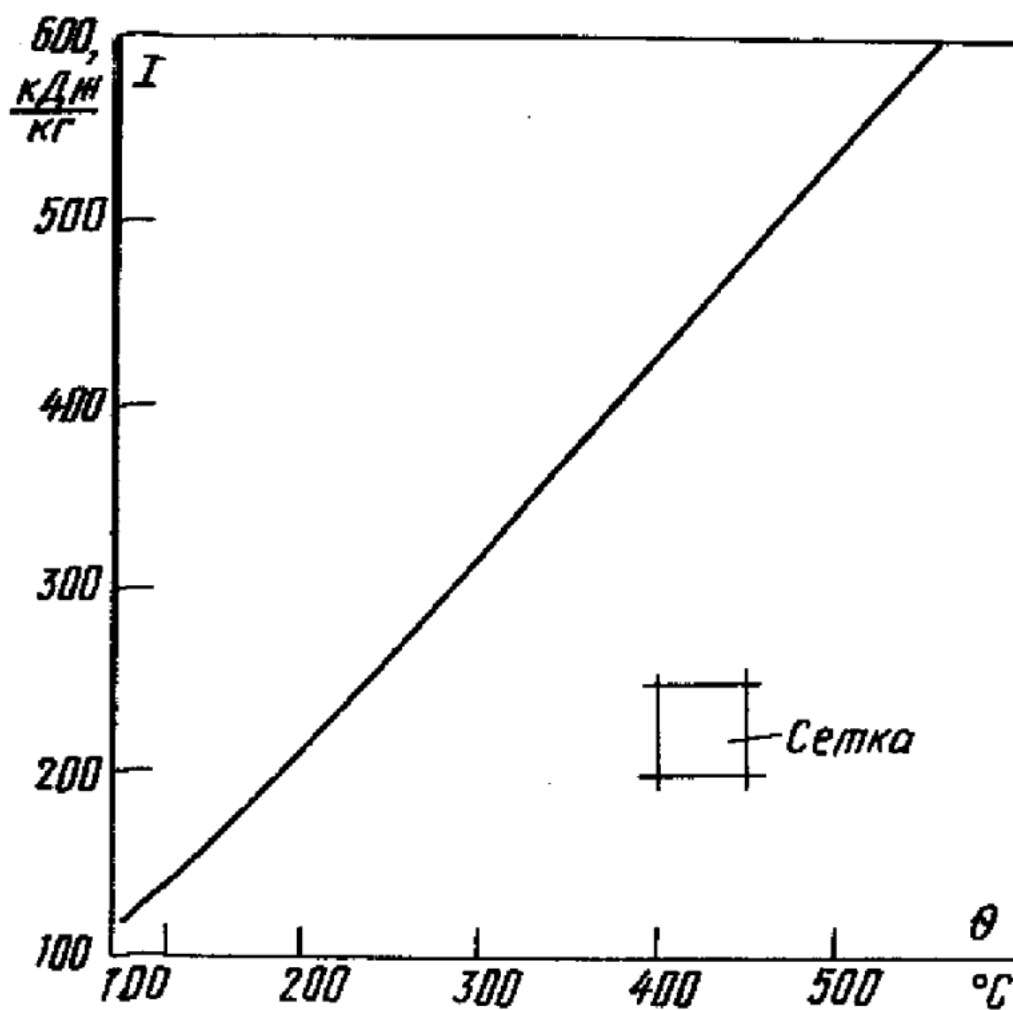
БГҚ -бу газ қондырғысы;  
ГТҚ – газотурбинна қондырғысы;  
КУ - қазан-утилизатор;  
ЖБГ- жоғары қысымды бу генератор;  
ТБГ- төмен қысымды бу генератор;  
ГСҚ-газ-су қыздырғыш;  
ЖҚГ- желілік қондырғыға газ тасмалдау;  
БШ -бу шашырау;  
ПӨК-пайдалы әсер коэффициенті;  
ЖК – жану камерасы;  
К – компрессор;  
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.

## ӘДЕБИТТЕР ТІЗІМІ

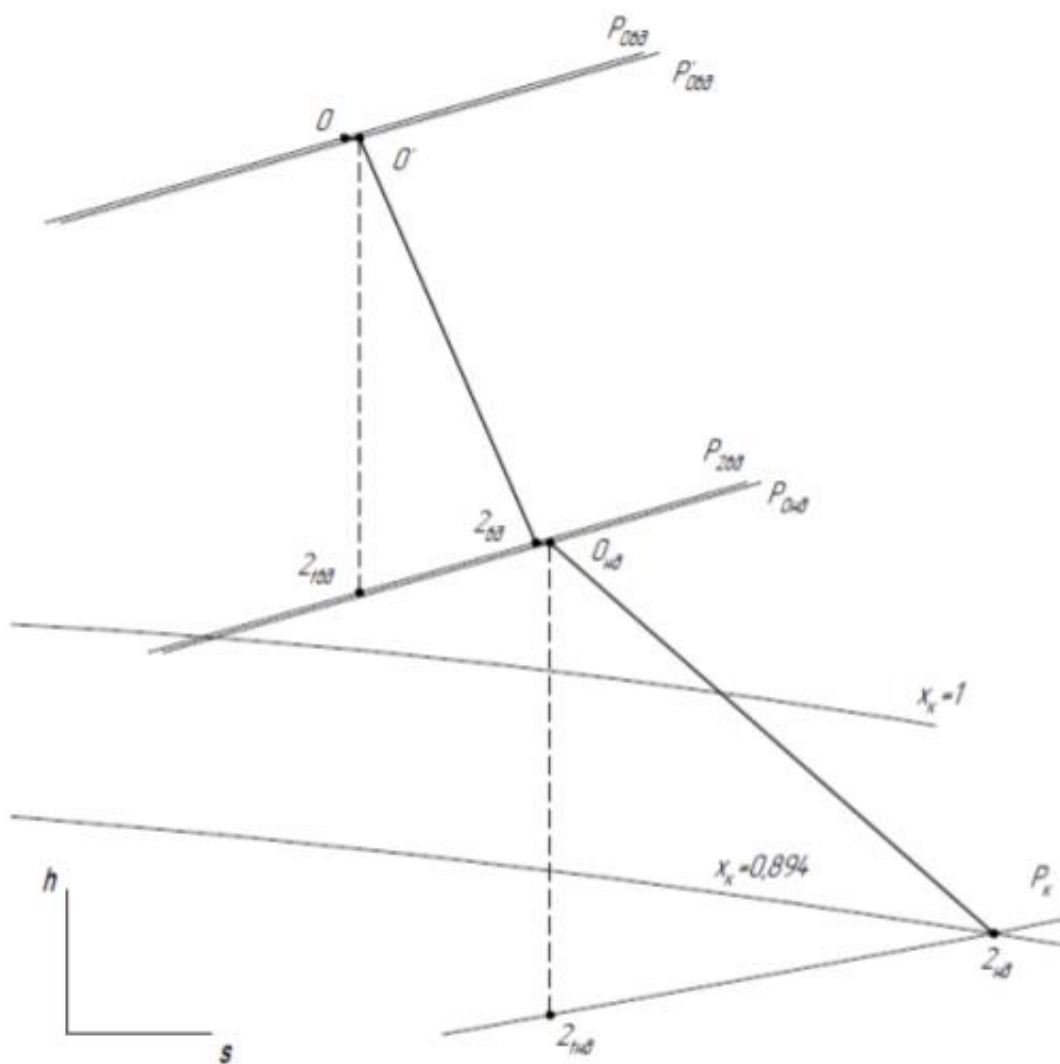
1. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции: Учебник для теплоэнерг. спец. вузов. - М.-Л.: Энергия, 1967. - 400 с.; переиздание 1976, последнее - в 1987 г. - посмертное с участием В.Я. Гиршфельда, С.В. Цанева, И.Н. Тамбиевой, Л.А. Рихтера, Е.И. Гаврилова и др
- 2 Цанев С.В. Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: Учебное пособие для вузов / Под ред. С.В. Цанева- М.: Издательство МЭИ, 2002.- 584 с.
3. Зысин Л. В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Ч. 1 Возобновляемые источники энергии: учеб. пособие / Л. В. Зысин, В. В. Сергеев – СПб. : Изд-во Политехн.ун-та, 2008. – 191 с.
4. Стационарные газотурбинные установки: справочник / пол ред. Л. В. Арсеньева и В. Г. Тырышкина – Л.: Машиностроение, 1989. – 543 с.
5. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: Учебное пособие для вузов / Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Под ред. Цанева С.В. – 2-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 584 с.
6. Паровые и газовые турбины для электростанций / А.Г. Костюк [и др.]; М.: Издательство: МЭИ, 2008. – 558 с.
7. Тепловые схемы и циклы парогазовых установок [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://poznayka.org/s88772t1.html>.
8. Парогазовые установки : учебное пособие / О.В. Боруш, О.К. Григорьева. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. – 64 с
9. Ривкин СЛ. Термодинамические свойства газов. Справочник. 4-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987. – 288 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

## ҚОСЫМШАЛАР

### Қосымша А



Қосымша В



h-s диаграммасында буды кеңейту процесі.

**Удельные затраты на различные виды электрогенерирующего оборудования в мире  
(2000—2010 гг.)**

Технология, используемая для производства электроэнергии	Удельные капитальные вложения, долл. США/кВт
ГТУ, дизельные электростанции . . . . .	325
Комбинированный цикл (ПГУ) . . . . .	535
ТЭС . . . . .	1150—1470
Усовершенствованные ТЭС . . . . .	1350—1600
Котлы с циркулирующим кипящим слоем под давлением . . . . .	1340—1370
Котлы с циркулирующим кипящим слоем при атмосферном давлении . . . . .	1370—1400
Циклы с газификацией топлива (угля) . . . . .	1435—1450
АЭС . . . . .	1500—2500
Волновые установки берегового типа . . . . .	4800
Приливные электростанции . . . . .	1840—3680
ГЭС большой мощности . . . . .	1840—2760
ГЭС малой мощности . . . . .	1150—3450
Геотермальные ТЭС обычного типа . . . . .	1150—1720
Геотермальные ТЭС бинарного типа . . . . .	1440—1720
Ветровые электростанции берегового типа . . . . .	1200
Солнечные электростанции (СЭС) . . . . .	3220
Установки на биомассе . . . . .	1700—2760
Когенерационные установки . . . . .	400—800