

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және машина жасау институты

Энергетика кафедрасы

Егембердиев Санжар Абсадикұлы

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Алматы ЖЭО-1-де БГҚ орнату

5В071700 – «Жылу энергетикасы»

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және машина жасау институты

Энергетика кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНУТУ им.К.И.Сатпаева»
Институт энергетика
и машиностроения

Кафедра меңгерушісі
PhD докторы, қауым. профессор
Е.А.Сәрсенбаев



«05» 2022 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Алматы ЖЭО-1-де БГҚ орнату»

5В071700 – Жылу энергетикасы мамандығы

Орындаған

Егембердиев С.А.

Пікір беруші:

Ғылыми жетекшісі

АЭЖБУ, «Электржетектер және

Ассистент.профессор

өнеркәсіптік қондырғыларды

автоматтандыру» кафедрасының

доценті, тех.ғыл.канд.

К.О.Ғали

«05» 2022 ж.



Балгаев Н.Е.

«17» 05 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және машина жасау институты

Энергетика кафедрасы

5B071700 – Жылу энергетикасы

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

PhD, қауымдастырылған

профессор

Сәрсенбаев Е.А.

«20» 01 2022 ж.



Дипломдық жұмысты орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы: Егембердиев Санжар Абсадикұлы

Тақырыбы: *Алматы ЖЭО-1-де БГҚ орнату*

Университет ректорының 24.12.2021 ж. бастап №489-ПӨ бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі *«20» мамыр 2022 ж.*

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) ЖЭО-1 туралы жалпы ақпарат;

ә) БГҚ-ны есептеу және таңдау;

Сызбалық материалдар тізімі: *Сызбалық материалдарды слайдпен көрсетілген.*



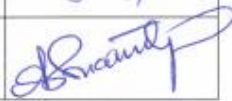
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 8 атау

Дипломдық жұмысты дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Жалпы мәліметтер	30.01.2022	Жоқ
Негізгі бөлім	11.02.2022	Жоқ
ГТҚ таңдау және есептеу	30.03.2022	Жоқ
Қалдық жылу қазандығын таңдау және есептеу	06.05.2022	Жоқ


Аяқталған жұмысқа қойылған
кеңесшілер мен норма бақылаушының
қолтаңбалары


Бөлімдер атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер	Қол қойылған күні	
Негізгі бөлім	Балгаев Н.Е., ассистент профессор	17.05.2022 ж.	
Есептеу бөлімі	Балгаев Н.Е., ассистент профессор	17.05.2022 ж.	
Норма бақылау	А.О.Бердибеков, сениор-лектор	17.05.2022	

Ғылыми жетекші

Тапсырманы орындауға алған студент

Күні


_____ Н.Е. Балгаев
КОЛЫ


_____ С.А. Егембердиев
КОЛЫ

« 07 » _____ 02 _____ 2022 ж.

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста Алматы қаласының бірінші жылу электр орталығында бугаздық қондырғыны орнату қарастырылады. Қазір мегаполистің орталық бөлігіне электр және жылу энергиясын өндіретін ескі қондырғыларға шолу жасалынды. Бугаздық қондырғыны қондырудың маңыздылығы айтылады. Сонымен қатар, қондырғының түрлеріне талдау жүргізіліп, техникалық жағынан есептелінеді.

АННОТАЦИЯ

Данная дипломная работа предусматривает внедрение парогазовой установки на первой ТЭЦ города Алматы. Был проведен обзор на старые оборудовния, которые сейчас производят электро и тепло энергию для центральной части мегаполиса. Подчеркнута важность установки этого оборудования. Кроме того, были проанализированы типы установок и технически рассчитаны важнейшие параметры.

ANNOTATION

This work provides for the introduction of a combined cycle plant at the first CHP in Almaty. A review was made of old equipment that now produces electricity and heat for the central part of the metropolis. The importance of installing this equipment is emphasized. In addition, the types of installations were analyzed and the most important parameters were technically calculated.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	7
1	ЖЭО-1 туралы жалпы мәліметтер	8
1.1	ЖЭО-1 тарихы және болашағы	8
1.2	ЖЭО-1-дің негізгі жабдықтары	10
1.3	Алматы ЖЭО-1 бас жоспары	12
2	Бу газдық қондырғы	13
2.1	Бу газдық қондырғы даму тарихы	13
2.2	Бу газдық қондырғы түрлері	16
3	Техникалық бөлім	20
3.1	Газ турбиналық қондырғыны таңдау	20
3.2	SGT-700 Газ турбиналық қондырғысын есептеу	23
3.2.1	Табиғи газдың негізгі сипаттамалары	23
3.2.2	Сығымдағыштағы ауаның сығылу процессін есептеу	24
3.2.3	1м ³ ГТҚ отынына қатысты сығымдағыш энергиясының балансы	26
3.2.4	Жану камерасын есептеу	27
3.2.5	Жану камерасы энергиясының балансы	32
4	Қалдық жылу қазандығын таңдау және есептеу	34
4.1	П-103 қалдық жылу қазандығы	37
	Қорытынды	39
	Белгілер мен қысқартулар тізбесі	40
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	41

КІРІСПЕ

Алматы қаласы Қазақстан бойынша ауасы ең лас деп саналатын қалалардың қатарына енеді. Бұл антирекордтық көрсеткіштің себептері өте көп. Біріншіден, қала тұрғындары жыл сайын артып келеді. Сәйкесінше, іштен жану қозғалтқышын пайдаланатын автокөліктердің саны да өсуде. Екіншіден, халық саны өскен сайын қала кеңеюге мәжбүр болады, ал бұл дегеніміз энергияның тұтынуы да артады деген сөз. Осыған орай қаламыздағы үш негізгі энергия көздері, жылу электр орталықтарымыз, энергия өндірісін көбейтеді. Яғни, отын шығысын арттырады. Қазіргі қолданыстағы ЖЭО-лар негізінен көмір отынын пайдалануда. Қазандықтарда көмірді жаққаннан кейін, атмосфераға көптеген зиянды қалдықтар тарайды. Олар көліктің түтіндерімен қосылып, Алматының экожүйесінде түтінтұманды феноменді тудырған енді.

ЖЭО-1 қаланың орталығында орналасқан және де 2016 жылға дейін көмір отынын пайдаланып келген. Қаланың орталығында болғандықтан, оның экологиялық талаптары артқан болатын. Отынның бұл түрін пайдаланып, экологиялық іждағаттарды айтарлықтай қанағаттандыру қиынға соғатынын және көптеген қаражаттарды талап ететінін ескере отырып, ЖЭО-1 табиғи газ отынына ауысқан болатын. Бұл экологиялық шарттарды орындау мен табиғатқа тигізетін зияндарды азайтуға бағытталған тиімді жұмыстардың нәтижесі болып табылады.

Жоғарыда айтылғандай қаланың халық саны жыл сайын артуда. Қазіргі қолданыстағы жабдықтар ескі болғандықтан, энергетикалық қажеттіліктерді орындауға шамасы жетпейді. Ал, тағы да қазандықтар мен турбоагрегаттарды орнату рационалды және қаржылық жағынан тиімсіз болып табылады. Сонымен қатар, ЖЭО-1-дің аумағы шектеулі, ал жаңа қазандықтар мен турбоагрегаттар үлкен аумақты талап етеді. Осыған орай, ЖЭО-1-ге бу газдық қондырғыларды орнату ұсынылады. Бұл дипломдық жұмыста ЖЭО-1-ге БГҚ-ны орнату жұмыстары есептелініп, тиімділігі дәлелденетін болады.

1 ЖЭО-1 туралы жалпы мәліметтер

1.1 ЖЭО-1 тарихы және болашағы

Алматы ЖЭО-1 қала бойынша ең көне жылу электр орталығы болып табылады. Станцияның жобалануы және құрылысы 1931 жылы басталған және 4 жылдан кейін 1935 жылы алғашқы агрегат іске қосылған болатын. Сол жылдың нәтижесінде ЖЭО-1 1,8 млн кВт*сағ электрэнергиясын өндірген болатын. Өткен ғасыр үшін бұл үлкен жетістік болса, қазір бұл ЖЭО-1-дің бір күнде өндіретін энергиясы.

1940 жылға қарай жалпы қуаты 10,5МВт болатын үш қазандық пен үш турбина орнатылды. Ал, 1946 жылға дейін екі турбина мен тағы бір қазандықты қондырып, жалпы станция құрылысының бірінші кезеңі осындай нәтижемен аяқталған болатын.

Құрылыстың екінші кезеңінде 1953-54 жылдар аралығында екі қазандық пен қуаттылығы 6,3 МВт турбина орнатылып, іске қосылды.

Кеңейту құрылыстарының үшінші және төртінші кезеңдері жылуды тұтынудан электр энергиясын өндіру мәселесін шешуге арналған. 1957 жылы қуаттылығы 12 МВт болатын орташа қысымды қазандық пен АТ-12 жылыту турбинасы орнатылды. 1960-61 жылдары екі жоғары қысымды БКЗ-160-100 қазандары және Р-25-90/18 турбинаның су жылытқыштары мен өнеркәсіптік тұтынушыларға бу беретін турбина орнатылып, іске қосылды. 1960 жылы Алма-Ата ЦЭС атауы Алматы ЖЭО болып өзгертілді. Алғаш рет Алматы ЖЭО-дан жылу 1961 жылдың 4-тоқсанында өндіріліп, таратылған еді. 1966-67 жж. екі ыстық су қазандығының құрылысы Алматы ЖЭО-ны кеңейтудің төртінші кезеңін аяқтаған болатын.

Станцияны кеңейтудің бесінші кезеңі Алматы қаласын дамытудың бас жоспарын ескере отырып жобаланған. ЖЭО-да 1969-1972 жж. суды жылыту және оны өнеркәсіптік тұтынушыларға беру үшін бу сорғыштары бар екі турбина орнатылды. БКЗ-160-100 төрт қазандығы және 100 Гкал/сағ екі су жылытатын ПТВМ-100 қазандығы орнатылды. 1976-79 жылдары тағы үш ыстық су қазандығы іске қосылды.

2000 жылдың аяғында ескірген тиімсіз құрал-жабдықтар істен шығарылып, бөлшектелді. Қазіргі уақытта үш бу турбинасы – бір Р-25-90/18 және екі ПТ-60-90/13 жалпы қуаты 145 МВт, алты жоғары қысымды бу қазандығы БКЗ-160-100 және жеті ПТВМ-100 ыстық су қазандықтары жұмыс істейді [1].

Алматы қаласының ЖЭО-1-не 2021 жылы Қазақстан және ТМД-ның еңбек сіңірген энергетигі, инженер, жылуэнергетикасының майталман ардагері, әрі ұстаз Бірлік Есіркепұлы Оразбаевтың аты берілген болатын.

2017 жылы «Самұрық-Энерго» ең ескі станция Алматы ЖЭО-1-ді толығымен газға ауыстыру жұмыстарын аяқтады. Бұл жылу электр орталығы 1970 жылдардың басында жартылай табиғи газ отынына ауысқан еді. Ол кезде бұл экономикалық тұрғыдан тиімді болып саналса, қазіргі уақытта экологиялық талап болып табылады. Бүгінгі таңда ЖЭО-1-нің негізгі отыны табиғи газ болып табылады және жеткізуші мекеме «ҚазТрансГаз Аймақ» АҚ екі орта қысымды газ құбыры арқылы жеткізеді. Сақтық отын ретінде мазут қолданылады.

Газға көшудің арқасында отынды пайдалану тиімділігін арттыруға мүмкіндік туды. Жылу энергиясының шартты бірлігін өндіруге қазір отынның 4,2 пайызға, ал электр энергиясы 27,6 пайызға аз қажет. Қазандықтағы механикалық және химиялық аз жағудан болатын ысыраптар және қазандық цехының өзіндік қажеттіліктерінің құны төмендеді. Бірақ ең бастысы – экологиялық көрсеткіштер. 2013 жылмен салыстырғанда атмосфераға шығарындылар көлемі 3 мың тоннадан 0,8-ге дейін азайды. Газды жағу кезінде күл мен шлак қалдықтары түзілмейді.

Табиғи газға көшумен негізгі жабдықтың сенімділігі артты. Атап айтқанда, энергетикалық қазандықтардың жұмысындағы және жалпы электр станциясы үшін станция қатты отынмен жұмыс істеген жылдармен салыстырғанда технологиялық бұзылулардың азаю үрдісі байқалады. Мәселен, 2016 жылы барлығы 18 технологиялық бұзушылық болса, 2019 жылы тек 3 рет қана.

2022 жылдың 22 ақпанында Б. Оразбаев атындағы ЖЭО-1 кеңейту жобасын талқылау мақсатында қоғамдық тыңдау өткізілген болатын. Осы кездесуде бу-газдық жүйесін орнату арқылы ЖЭО қуатын 250МВт-қа дейін арттыру көзделген. Жылу және электр энергиясын өндіру мақсатында қымбат тұратын «таза» отынды барынша тиімді пайдалануға мүмкіндік беретін аралас циклдік технологияларды пайдалану әлемдік қауымдастықта ең жақсы қолжетімді технология ретінде танылды.

1.2 ЖЭО-1-дің негізгі жабдықтары

Жоғарыда айтылғандай ЖЭО-1 Алматы қаласының ең көне жылу электр орталығы болып саналады. Сәйкесінше ондағы жабдықтардың барлығы ескірген. Әрине, олар кәсіби күтімнің арқасында әлі де ұзақ уақыт қызмет ете алады. Алайда, жыл өткен сайын жабдықтардың қуаттылығы да азая беретін болады. Қазіргі уақытта ЖЭО-1-де қосымша жабдықтарды (деаэратор, конденсатор, сорғылар және т.с.с) қоспағанда келесідей жабдықтар жұмыс істейді:

- 6хБКЗ-160-100 – жоғары қысымды бу қазандықтары;
- 2хПТ-60-90/13 – турбоагрегат;
- 1хР-25-90/18 – турбоагрегат;
- 7хПТВМ-100 – ыстық су қазандықтары.

Жоғарыда көрсетілген жабдықтар өте күрделі инженерлік туындылар болып табылады. Қажетті сапалы күтіммен эксплуатациялаған жағдайда олар ұзақ уақыт бойы қызмет ете алады.

БКЗ-160-100 – жоғары қысымды бу қазандығы Ресейлік қондырғыларды өндіруші Барнаул қазандық зауытында өндірілген. Бүгінде ол «Сибенергомаш-БКЗ» ЖШС деп аталады. Қазіргі атауы бұрынғы стандартқа сәйкес жазылған. Жаңа стандарт бойынша атауы өзгертілген. БКЗ қазандығы тік бір құбырлы орналасу түріне ие. Қазандықтың су айналымы табиғи, қаныққан бу қазандық барабанындағы ылғалдан бөлінеді. Құбырлардың беттерін орналастыру П немесе Т-тәрізді, мұнара типті дизайнға жүзеге асырылады. Қондырғылар энергетикалық отынның барлық түрлерімен жұмыс істейді: көмір, газ, сұйық отын және қоңыр көмір.

Өндіруші жабдықты таңбалаудың қатаң принципін ұстанады, оның көмегімен оның жұмысының көптеген маңызды сипаттамаларын анықтауға болады, мысалы, БКЗ-160-100 қазандық қондырғысы үшін:

- БКЗ - өндіруші «Сибенергомаш - БКЗ» ЖШС;
- 160 - аса қыздырылған бу үшін сағаттық бу шығысы, т/сағ;
- 100 – аса қыздырылған бу қысымы, кгс/см².

БКЗ-160-100 энергетикалық бу қазандығының су айналымы табиғи. Жоғарғы жағындағы құрылымда барабан орнатылған, онда су мен бу ағындары қосылады. Шығармалы циклондарда бу бөлу процесі жүреді. Қондырғылар пеште сейілтуде немесе үрлеу астында жұмыс істейді [2].

БКЗ бір барабанды қазанды пайдаланудың негізгі сұлбасына сәйкес оның конструкциясы пештен, бірнеше оттықтардан, циклонды сепараторлары бар жоғарғы барабаннан, аса қыздырғыштардың бірнеше пакетінен, экономайзерден, қоректік жолынан, ауа қыздырғыштан, түтін құбырларынан, түтін шығарғыш және отын беру жүйесінен тұрады. Барлық жабдық қазандықтың оңтайлы жұмыс істеуі үшін мұқият жобаланған, орнатылған және реттеледі.

ПТ-60-90/13 - турбинасы электр энергиясын өндіруге және жылыту қажеттіліктерін жылумен қамтамасыз етуге арналған. Оның екі реттелетін жылытулық бу алу алымдары бар. Турбина келесі номиналды параметрлерде жұмыс істеуге арналған:

- аса қызған бу қысымы – 9,0МПа;
- аса қызған бу температурасы – 535 °С;
- турбинаның номиналды қуаты – 60МВт.

Р-25-90/18 турбинасы электр және жылу энергиясын өндіруге арналған. Турбина келесі номиналды параметрлер бойынша жұмыс істейді:

- қуаты – 25МВт;
- аса қызған бу қысымы – 9,0МПа;
- аса қызған бу температурасы – 500 °С;
- қарсы қысым – 1,5МПа.

Турбинаның ағындық бөлігі бір басқару сатысынан және сегіз қысым сатысынан тұрады. Қазандықтардан шығатын тірі бу турбинаның реттеуші клапандарына жіберіледі. Бу турбина қалақшаларының сатыларынан өту барысында кеңейіп, 1,5МПа қысыммен өндірістерге жөнеледі.

ПТВМ-100 қазандығы жылу, желдету, өнеркәсіптік және тұрмыстық мақсаттағы, сондай-ақ технологиялық мақсаттар үшін ыстық сумен жабдықтау жүйелерінде жылу тасымалдағыш ретінде пайдаланылатын суды 150°С-қа дейін қыздыруға арналған су қыздырғыш қазандық болып табылады.

ПТВМ сериясының қазандықтары жылу өнімділіктеріне байланысты келесі модификацияларға ие: ПТВМ-30, ПТВМ-50, ПТВМ-60, ПТВМ-100 және ПТВМ-180. Барлық ПТВМ қазандықтары негізінен конструкциясы бойынша ұқсас, мұнара схемасы бар және тікбұрышты білік түрінде жасалған, оның төменгі бөлігінде толығымен экрандалған камералық пеш бар. Қазандықтар бірдей немесе ұқсас элементтерден жиналады, бұл олардың өндірісін біріктіруді қамтамасыз етеді. Бұл қондырғылардың дизайны жартылай ашық орнатуға мүмкіндік береді. Бұл жағдайда оттықтар, арматура, автоматика және үрлегіштер орналасқан бөлмеде қазандықтың төменгі бөлігі ғана қоршалған. Бұл жылу орталығын салуға кететін шығынды азайтып, жазғы жөндеу жұмыстарын жүргізуге қолайлылық туғызады.

1.3 Алматы ЖЭО-1 бас жоспары

Алматы ЖЭО-1 қаланың орталық бөлігінде орналасқан және орталық, солтүстік-батыс аудандары мен ЖЭО-1 өңірінің тұтынушыларын жылумен қамтамасыз етудің негізгі көзі болып табылады. Жылу электр орталығы батыстан – ет комбинатының аумағы мен тұрғын үйлермен, шығыстан және оңтүстіктен – Сейфуллина көшелерімен, солтүстіктен жеке тұрғын үй құрылыстарымен шектеседі. ЖЭО учаскесінің аумағы көпбұрышты пішіндес, оңтүстіктен солтүстікке қарай созылған. Учаскенің ұзындығы 1500 метр және еңі 430 метр. ЖЭО алаңы биіктігі 2,4м тұтас темірбетон қоршаумен қоршалған.

ЖЭО-1 алаңында үш автокөлік және бір теміржол кіреберістері бар. Станцияның электр шығыстары батыс бағытта таралады. Станцияға су солтүстік-батыс жағынан Талғар су жүйесінің желілерінен беріледі. Жылу энергиясының желілерінің шығыстары оңтүстік, солтүстік және батыс бағыттарға қарай шығады. ЖЭО-ның қолданыстағы алаңы ғимараттар мен құрылыстармен тығыз қоршалған және аумағы абаттандырылған.

Учаскенің ортасында оңтүстіктен солтүстікке қарай созылған ЖЭО-ның бас ғимараты орналасады. Учаскенің оңтүстік жағындағы кіреберісте әкімшілік ғимарат орналасқан. Негізгі ғимараттың тұрақты соңы мен әкімшілік ғимараттың арасында резервуарлары бар химиялық су тазарту қондырғысы, темір жол қоймалары және тазарту құрылыстары бар. Учаскенің оңтүстік-батыс бөлігінде ыстық су қазандығы ғимараты, мазут нысандары, коллекторлық желі құбырлары орналасқан.

Бас ғимараттың шығыс жағында газ құбырлары бар түтін мұржалары, мазут ағызатын эстакадасы бар ТЭЦ теміржол станциясы, шеберханалар, қоймалар мен гараж орындары орналасқан [3].

Өнеркәсіп алаңының солтүстік бөлігінде май шаруашылығы, газ қондырғылары, вагон төнкергіштер, көмір қоймасы, тазарту құрылыстары және т.б. бар.

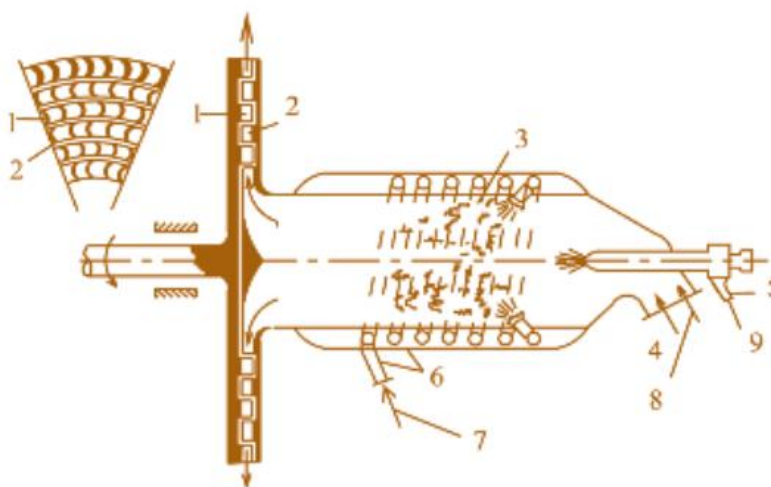
ЖЭО-1 негізгі алаңынан ең жақын тұрғын үй ауданы батысқа қарай 150 м, оңтүстік-батысқа 250 м және солтүстік-шығысқа 50 м қашықтықтарда орналасқан.

2 Бу газдық қондырғы

2.1 Бу газдық қондырғының даму тарихы

Жұмыс органы ретінде отынның жану өнімдері мен су буын қолданатын аралас циклді қондырғыларды құру идеясын француз ғалымы Сади Карно 1824 жылы өзінің «Оттың қозғаушы күші және осы күшті дамытуға қабілетті машиналар туралы ойлар» атты еңбегінде айтқан болатын. Карно поршенді құрама циклді қондырғының схемасын ұсынды және тиімді аралас циклді қондырғыларды құрудың басты шарттарының негізін қалады. Жұмыс буын алу үшін газдардың қалдық жылуын бір уақытта кәдеге жаратумен жоғары температуралы аймақта отынның жану өнімдерін жұмыс сұйықтығы ретінде пайдалану туралы пайымдаған болатын. Бу және газ турбиналарының дамуымен бұл идеяны іс жүзінде жүзеге асыру мүмкін бола бастады.

Жану камерасына су жіберетін және алынған бу-газ қоспасын турбинаның жұмыс сұйықтығы ретінде пайдаланумен газ-бу қондырғысының жобасын Павел Дмитриевич Кузьминский жасаған. 1892 жылы ол шағын қуатты газ-бу турбинысын құрастырған еді. Жану қалдықтарын бумен жағу және сұйылту бір камерадан жүзеге асырылды. 1-суретте турбина мен жану камерасы бейнеленген:



1-жұмыс қалақшалары; 2-бағыттауыш қалақшалар; 3-жану камерасы; 4-ауа түтігі; 5-саптама; 6-иректүтік; 7-су кірісі; 8-ауа кірісі; 9-отын кірісі

1-сурет – Турбина мен жану камерасының сұлбасы

Жану камерасы (3) ішкі цилиндрден және сыртқы қаптамадан тұрады. Олардың арасында спиральды иректүтік (6) бар, ол арқылы жану камерасының қабырғаларын салқындататын су өтеді, содан кейін жану өнімдерін салқындату үшін оның көлеміне қарай айдалады. Катушкада пайда болған бу жану

камерасына келіп, механикалық жұмыстарды орындайтын радиалды турбинаға бу мен газ қоспасы беріледі.

Бу-газ қондырғыларының тиімділігін арттыруға неміс инженері Карл Гольцварт көп күш жұмсады. Оның жобасы бойынша алғашқы қондырғыны 1906-1908 жылдары Картинг (Ганновер) фирмасы құрастырды. Нәтижесінде қондырғы 50 аттың күші (35,8кВт) және пайды әрекет коэффициенті 10%-ды құрайтын көрсеткіштері берді. 1910-1927 жылдары Гольцварт алдымен тік білікті, содан кейін көлденең білікті газ турбиналары құрастырды. Хольцварт жұмысының ауқымы эксперименттердің отынның әртүрлі түрлерін – газды, сұйықты және тіпті көмір шаңын жағумен жүргізілгендігімен сипатталды. Сондай-ақ жану өнімдерін салқындату үшін суды айдаудан бас тартуға мүмкіндік беретін жану камералары мен турбиналарды салқындату саласындағы әзірлемелер маңызды болды. Хольцвартты судың салқындату процесінде алатын жылуын, сондай-ақ турбинаның пайдаланылған газдарының жылуын пайдалану мәселелері де қызықтырды.

1928 жылдан бастап К.Гольцварт профессор В.Шюлемен бірге жаңа қондырғының (кейінірек Хольцварт-Шюле турбинысы деп аталды) жобасын әзірледі. Ол екілік бу-газ қондырғысы және екі турбинаны біріктіретін аралас циклде болды. Олардың біреуі тұрақты көлем кезінде жану циклінде, ал екіншісі тұрақты қысымда жұмыс істеді. Сонымен қатар, бұл қондырғыда ауаның алдын ала қысылуы айтарлықтай артты (0,6 МПа дейін), нәтижесінде жану камерасындағы максималды қысым 3 МПа-ға жеткізілді.

1933 жылы қондырғы Гамборндағы (Германия) металлургиялық зауытта орнатылды және жарияланған мәліметтерге сәйкес домна газында жұмыс істегенде 20%-ға дейін тиімділік көрсетті.

1930 жылдары осьтік компрессордың жоғары үнемді конструкциясы мен отынды қысыммен тиімді жағу әдістері жасалды және ыстыққа төзімді болаттар металлургиясында белгілі бір жетістіктерге қол жеткізілді. Осының бәрі тиімді бастапқы қозғаушы ретінде тұрақты қысым кезінде жанумен жұмыс істейтін әмбебап газ турбиналық қондырғының құру мәселесін шешуге айтарлықтай жақындауға мүмкіндік берді. Жиналған тәжірибе негізінде «Браун-Бовери» серіктестігі бірінші болып осы типтегі өнеркәсіптік және энергетикалық газ турбиналары өндірісін бастады. 1936 жылы оның мұнай өңдеу өнеркәсібіне арналған алғашқы газ турбиналық қондырғысы және 1939 жылы электр генераторын басқаруға арналған күшті газ турбиналық қондырғы іске қосылды. Энергияны пайдалануға арналған бұл бірінші стационарлық газ турбиналық қондырғы 1940 жылы Швейцарияда Нейшателдегі жерасты электр станциясында пайдалануға берілді [4].

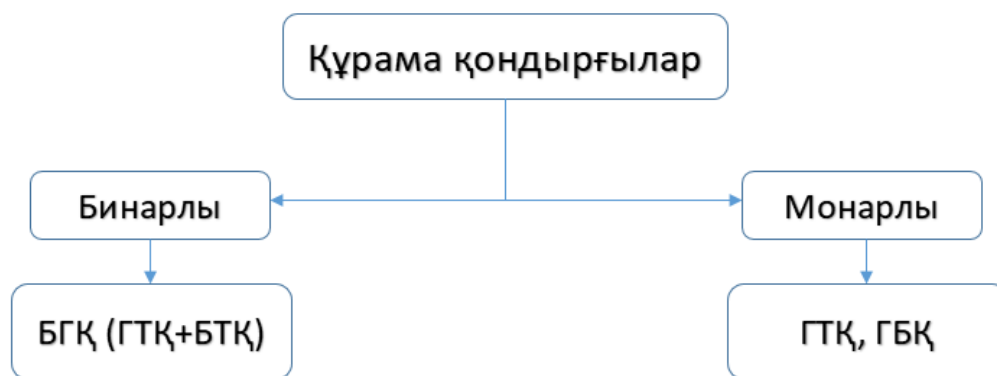
Әлемдік және отандық газтурбиналық құрылыста жинақталған тәжірибені пайдалана отырып, 1944–1945 жылдары И.И.Ползунов атындағы Орталық қазандық-турбиналық институтта А.Н.Ложкин тұрақты қысымда отын жағумен аралас циклді қондырғының схемасын, ал 1945-1949 жылдар аралығында ол А.Е.Гольтманмен бірге жоғары қысымды бу генераторларымен бу-газ циклдарына теориялық талдау жасады. Осы зерттеулердің негізінде қуаттылығы салыстырмалы түрде аз құрама циклді қондырғылардың жобалары жүзеге асырылды. Бұл ретте институтта жоғары қысымды бу генераторындағы процестерге, яғни, конвективті және радиациялық жылу алмасу, жоғары газ қысымында отынның жануы және т.б. зерттеулер жүргізілді, нәтижесінде жоғары қысымды бу генераторының жобасы жасалды. Кейіннен М.И. Корнеев өнімділігі 25–420 т/сағ жоғары қысымды бу генераторы бар 200 МВт-қа дейінгі бу газдық қондырғысы үшін жобалық және инженерлік әзірлемелер кешендерін жүргізді. Бұл қондырғыларда 1,5-тен 25 МВт-қа дейінгі шағын газ турбиналарын және 150 МВт-қа дейінгі бу турбиналарын пайдалану көзделді.

КСРО-да аралас циклді қондырғыларды іс жүзінде енгізу ХХ ғасырдың 60-жылдарынан басталды. Сол кезде Надворнянскі мұнай өңдеу зауытының (Украина) ЖЭО-да және Ленэнергоның 1-ші Ленинград ГТЭС-інде ВПГ-120 жоғары қысымды бу генераторы және қуаты 4 МВт газ турбинасы бар шағын құрамдастырылған циклді қондырғылар орнатылды. Олар әлі күнге дейін сәтті жұмыс істеуде.

2000 жылдары іске қосылған газтурбиналық қондырғылардың қуаты шамамен 27 ГВт, ал электр станцияларының бірлік қуаты 260–270 МВт-қа жетті. Газ турбиналары негізіндегі бу-газ қондырғыларының бірлік қуаттылығы 450–480 МВт-қа жетіп, тиімділіктері 55-60% деңгейіне дейін көтерілді. Дүниежүзілік газ турбиналық паркінің сандық және қуаттылығының өсуі қазіргі уақытта газтурбиналық технологиялардың сапа көрсеткіштерін оларға қойылатын талаптарға сәйкес үздіксіз жақсартумен қатар жүреді. Қазіргі уақытта шетелдерде жаңа электр станцияларының құрылысында газ турбиналары негізіндегі құрама циклді қондырғылар кеңінен қолданылады. Оларды техникалық жетілдіру жалғасуда. Мысалы, турбина алдындағы газдың температурасы, қондырғының бірлік өнімділігі және оның тиімділігін арттырылуда, аз улы жану камералары кеңірек таралуда, газ турбиналары мен аралас циклді қондырғылардың өнімділігі мен техникалық қызмет көрсету жүйелері, олардың қосалқы жүйелері мен жабдықтары жетілдірілуде.

2.2 Бу газдық қондырғының түрлері

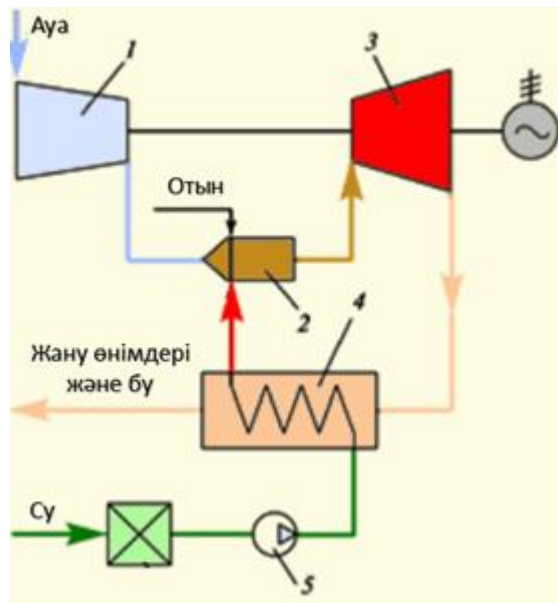
Аралас циклді қондырғының жылу схемасы мен циклі оның түріне байланысты болып келеді. Аралас циклді қондырғылар бу және газ турбиналары бар құрама қондырғыларының кеңірек класының бір түрі ғана. Дегенмен, БГҚ-лардың әртүрлілігі соншалықты, оларды толық қарастыру мүмкін емес. Сондықтан, төменде біз іргелі немесе практикалық тұрғыдан біз үшін қызықты БГҚ-ның негізгі түрлерін қарастыратын боламыз. Мақсаты бойынша БГҚ конденсациялық және жылыту қондырғыларына бөлінеді. Олардың біріншісі тек электр энергиясын өндірсе, екіншісі бу турбинасына қосылған жылытқыштардағы желілік суды жылытуға да қызмет етеді. БГҚ-да қолданылатын жұмыс денесінің саны бойынша олар бинарлы және монарлы болып бөлінеді. Құрама қондырғылардың түрлері 2-суретте көрсетілген:



2-сурет – Құрама қондырғылардың түрлері

Бинарлы қондырғыларда газтурбиналық циклдің (ауа мен отынның жану өнімдері) және бу турбиналық қондырғысының (су және бу) жұмыс сұйықтықтары бөлінеді. Монарлы қондырғыларда турбинаның жұмыс сұйықтығы жану өнімдері мен су буының қоспасы болып табылады.

Үшінші суретте монарлы құрама қондырғысының схемасы келтірілген. ГТҚ-дан (3) шығатын газдар қалдық жылу қазандығына жіберіледі, оған су қоректік сорғы (5) арқылы беріледі. Шығуда алынған бу жану камерасына (2) түсіп, жану өнімдерімен араласады да, нәтижесінде алынған біртекті қоспа бу-газ турбинасына жіберіледі. Ауа сығымдағышынан (1) келетін және жұмыс газдарының температурасын газ турбинасы бөліктерінің рұқсат етілген беріктік шарттарына дейін төмендетуге қызмет ететін ауаның бір бөлігі бумен араластырылып, қысымы қоректік сорғы арқылы жоғарылайды. Осының арқасында біз қысымды жоғарылатуға аз қуат тұтынамыз [5]. Төмендегі суретте монарлы БГҚ-ның қағидалық сұлбасы келтірілген:



1-сығымдағыш; 2-жану камерасы; 3-бу-газ турбинасы; 4-қалдық жылу қазандығы; 5-қоректік сорғы

3-сурет – Монарлы БГҚ-ның қағидалық сұлбасы

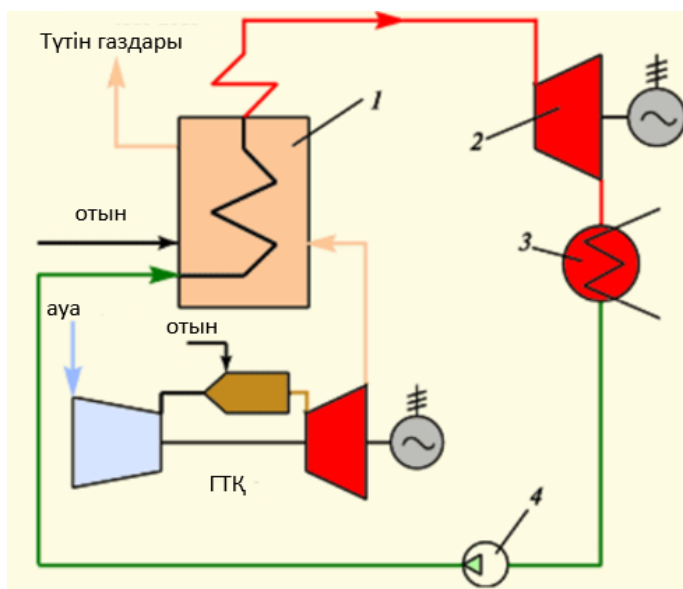
Бу-газ қоспасынан буды конденсациялауды ұйымдастырудың техникалық қиындығы және соған байланысты қуатты су тазарту қондырғысының тұрақты жұмыс істеу қажеттілігі монарлы үлгідегі БГҚ-ның негізгі кемшілігі болып табылады. Жоғарыда көрсетілген кемшіліктер монарлы үлгідегі БГҚ-ның, ең болмағанда қуатты ЖЭС-те электр энергиясын өндіру мақсатында кеңінен қолдануға әкелмеді.

БГҚ-ның негізгі түрлері бинарлы үлгілеріне жатады. Қолданыстағы бинарлы БГҚ-ларды келесі түрлерге бөлуге болады:

Қалдық жылу қазандығы бар БГҚ. Бұл қондырғыларда газ турбинасының пайдаланылған газдарының жылуы бу турбинасы циклінде пайдаланылатын жоғары параметрлерді бу алу үшін қалдық жылу қазандықтарында пайдаланылады. БГҚ-ны пайдаланудың негізгі артықшылықтары жоғары тиімділігі (таяу жылдары олардың тиімділігі 60% -дан асады), күрделі салымдардың айтарлықтай төмендігі, салқындатқыш судың аз қажеттілігі, зиянды шығарындылардың төмендігі және жоғары ептілік.

ГТҚ-ның шығар газдарын бу генераторына беретін БГҚ. Көбінесе мұндай БГҚ-ларды қысқаша «қашыртқы» БГҚ немесе төмен қысымды бу генераторы бар БГҚ деп атайды. Оларда оттегінің жеткілікті мөлшері бар газ турбиналық қондырғыда пайдаланылған газдардың жылуы атмосферадан қазандық үрлегіштермен берілетін ауаны араластыра отырып, энергетикалық қазандыққа жіберіледі. Сонымен қатар, қазандықтың ауа жылытқышы қажет емес, өйткені

газ турбинының пайдаланылған газдары жоғары температураға ие. Бұл түрдің басты артықшылығы - бу турбиналық циклде қымбат емес қатты отынды пайдалану мүмкіндігі. Төмен қысымды бу генераторы бар БГҚ-ларда отын ГТҚ-ның жану камерасына ғана емес, сонымен қатар бу генераторына жіберіледі. Бұл ретте ГТҚ жеңіл отынмен (газ немесе дизельдік отын) жұмыс істейді де, ал бу генераторы кез келген отынды пайдаланады. 4 – суретте ГТҚ-ның шығар газдарын бу генераторына беретін БГҚ бейнеленген.

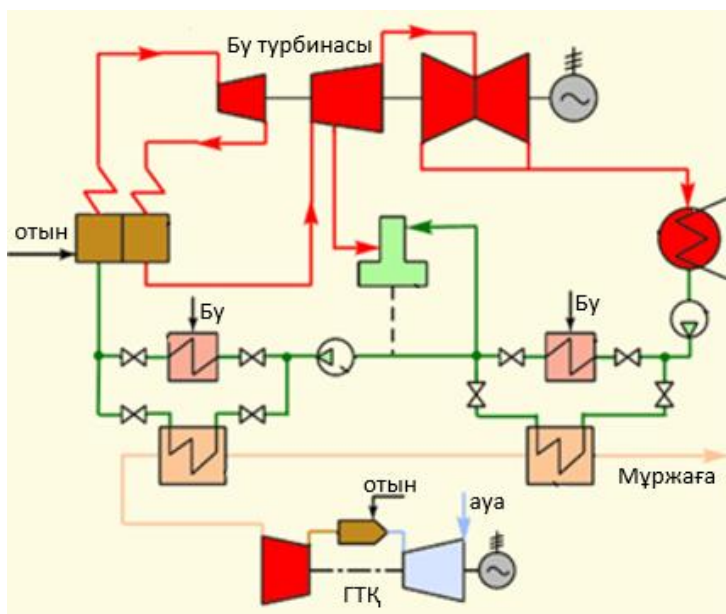


1-бу генераторы; 2-бу турбины; 3-конденсатор; 4-сорғы

4-сурет-ГТҚ-ның шығар газдарын бу генераторына беретін БГҚ

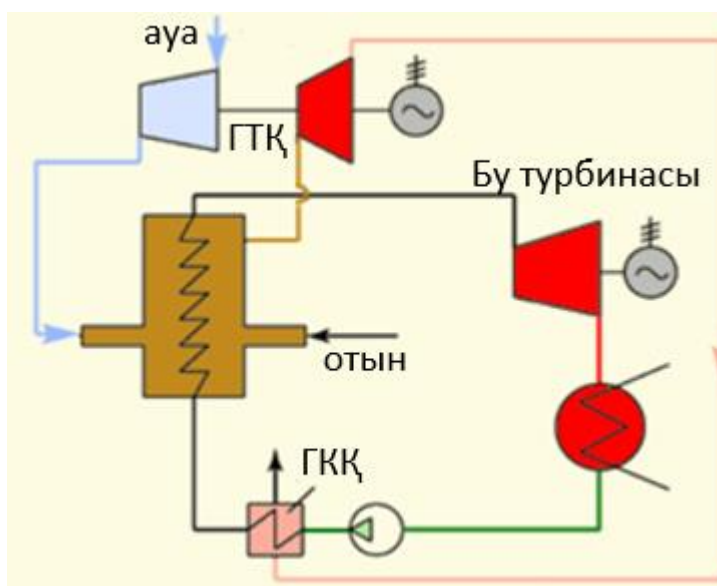
Төмен қысымды бу генераторы бар БГҚ схемасы өте күрделі болып келеді, өйткені, ГТҚ істен шыққан жағдайда бу турбины бөлігінің автономды жұмысын қамтамасыз ету қажет. Қазандықта ауа жылытқышы болмағандықтан, оны бу генераторына бермес бұрын ауаны қыздыратын арнайы жылытқыштарды орнату керек болады.

Регенерациялық қыздыруды ысыратын БГҚ. Мұндай БГҚ регенеративті жылытқыштар бу турбинынан ажыратылып, ал ГТҚ-да пайдаланылған газдарының жылуы қуатты қазандықтың қоректік суын жылыту үшін пайдаланылу идеясына негізделген. Үнемделген бу бу турбинында қосымша қуат алу үшін пайдаланылады. Бұл жағдайда үнемделген будың конденсация жылуы конденсаторда жоғалады. БГҚ-ның бұл үлгісі отынды ең аз үнемдеуді (шамамен 4%) қамтамасыз етеді, дегенмен ол бу турбины қуат блогын ең аз өзгертулермен қайта құруға мүмкіндік береді [6]. Келесі суретте регенерациялық қыздыруды ысыратын БГҚ бейнеленген.



5-сурет-Регенерациялық қыздыруды ысыратын БГҚ

Жоғары қысымды бу генераторы бар БГҚ. Мұндай БГҚ-да жоғары қысымды бу генераторы қуат қазандығы мен ГТҚ жану камерасының рөлін атқарады. ГТҚ-ның ауа сығымдағышы бу генераторында жоғары қысымды тудырады. Тиімділікті арттыру мақсатында жоғары қысымды бу генераторы алдында газбен жұмыс істейтін конденсатты қыздырғышы (ГКҚ) орнатылған, ол газ турбиналық пайдаланылған газдардың температурасын төмендетеді. Бу генераторының ішкі бөлігінің коррозия өнімдерінің әсерінен газ турбинының ағынының жолының тозуы бұл БГҚ-ның кемшілігі болып табылады. 6 – суретте жоғары қысымды бу генераторы бар БГҚ бейнеленген.



6-сурет-Жоғары қысымды бу генераторы бар БГҚ

3 Техникалық бөлім

3.1 Газ турбиналық қондырғыны таңдау

Жоғарғы бөлімде айтылғандай газ турбиналық қондырғы БГҚ-ның негізгі құрамдас бөлшегі болып табылады және айналмалы құбылыс осы ГТҚ-дан басталады. Алматы қаласының бірінші ЖЭО-сы үшін Германиялық «Siemens» мекемесінің екі SGT-700 газ турбиналық қондырғысы таңдалды. Оның жалпы электрлік қуаты 58,12МВт-ты құрайды. Siemens SGT-700 газ турбины SGT 600 турбинының негізінде жасалған. Siemens SGT-700 газ турбинаның электр қуаты 29,1МВт және базалық жүктеменің тиімділігі 36% құрайды. Siemens SGT-700 газ турбиналық қондырғысы техникалық қызмет көрсетуде оңай және ұзақ қызмет мерзіміне ие болып табылады [7].

SGT-700 газ турбины он бір сатылы сығымдағышы бар екі білікті қондырғы болып табылады. Алғашқы екі кезеңде реттелетін бағыттаушы қалақшалары орналасқан. Сақиналы жану камерасына 18 оттық кіреді. Жану камерасының ішкі бетінде жылу беруді азайтатын және қызмет ету мерзімін арттыратын термиялық кедергі жасайтын қақпақ бар.

SGT-700 ГТҚ-ның артықшылықтары:

- төмен деңгейлі шу мен діріл;
- роторлы компрессордың дизайны сенімді жұмысты қамтамасыз етеді;
- минералды майларды пайдаланатын сенімді сегментті тірек құрылғылары;
- жылу оқшаулағыш қабат;
- мықты өндірістік дизайн.

SGT-700 газ турбинының қолдану саласы - конденсациялық және жылу электр станциялары (энергияны өндіру және когенерациялау). Төмендегі суретте SGT-700 газ турбины бейнеленген.



7-сурет – SGT-700 газ турбиналық қондырғысы [7]

Сақиналы жану камерасы жоғары температураны төмендететін және қызмет ету мерзімін арттыратын жылудан қорғайтын жабыны бар дәнекерленген құрылымға ие. Үш сатылы турбина техникалық қызмет көрсетуді жеңілдету үшін бір блок түрінде жасалған және компрессор білігіне орнатылған. Аэродинамикалық және бағыттаушы қалақтардың қалақтарын салқындату қарастырылған. 1 – кестеде турбинаның техникалық сипаттамалары келтірілген.

1-кесте – SGT-700 ГТҚ-ның техникалық сипаттамалары [7]

Сипаттамасы	Өлшем бірлігі
Қуаты	29,06МВт
Генератор клеммасындағы қуат	31,21МВт
Отын	Табиғи газ немесе сұйық отын
Отынның жылу шығыны	9882 кДж/кВт*сағ
Газ отынының шығыны	9297 нм ³ /сағ
Газ отынының қажетті қысымы	27±0,5 Бар
Пайдаланылған газдар массалық шығыны	95 кг/с
Пайдаланылған газ температурасы	528 °С
Қолданыстағы пайдаланылған энергия (шығарылған газдар 100 ° С дейін салқындаған кезде)	38,06 Гкал/сағ
Жиілігі	50Гц
Электрлік ПӘК	36,4 %
Жылулық қуаты	9999кДж/кВт*сағ
Турбинаның айналу жылдамдығы	6500 айн/мин
Сығымдағыш қысымының коэффициенті	18:1
Күрделі жөндеуге дейінгі ресурсы	40000 сағат
NO ₂ шығындылары	мг/нм ³

Стандартты нұсқадағы турбинаның жұмысы жанғыш газды және сұйық (дизельді) отынмен қамтамасыз етіледі. Газ турбинысы төмен шығарындылармен жоғары сенімділік пен тиімділікті біріктіреді. Алдын ала араластырғыш отынның ауасы аз NO_x және СО шығарындыларын қамтамасыз етеді. SGT-700 газ турбиналық қондырғысы келесі жабдықтардан тұрады:

- ГТҚ;
- генератор;
- қоздырғыш;
- көмекші жүйелер;
- ауа тазарту және беру жүйесі;

- блокты-модульдік электр жабдықтары және автоматика жүйелері;
- суыту жүйесі;
- трансформаторлық жабдық;
- өрт сөндіру жүйесі.

SGT-700 газ турбиначасы тиристорлы электрлік іске қосу құрылғысымен жабдықталған. Газ турбиначасы, беріліс қорабы және генератор ортақ май беру жүйесімен қамтамасыздандырылған.

Іргетастарды орнатқаннан кейін ГТҚ-ны орнатумен бірге ауа беру жүйесін, май салқындатқышын, ауалық салқындатқыштарды, сығымдағыш орнатылады. Бүйірлік ауа қабылдау жүйесінің арналары компрессор коллекторына түсетін сүзілген ауаны бағыттайды. Коллектор компрессорға тиімді ауа ағынын қамтамасыз етуге арналған. Шу деңгейін төмендету үшін жүйенің ауа сорғышында параллель орнатылған аттенюаторлар орналасқан.

Зауыттың модульдік конструкциясы, құрамдас бөліктердің аздығы, ұзақ қызмет ету мерзімі және техникалық қызмет көрсетудің болуы ұзақ күрделі жөндеудің аздығына кепілдік береді және жалпы пайдалану шығындарын азайтады [8].

3.2 SGT-700 Газ турбиналық қондырғысын есептеу

3.2.1 Табиғи газдың негізгі сипаттамалары

Көлемі бойынша Орталық Азия газ құбыры, %:

Құрамы – $CH_4=93,8\%$; $C_2H_6=3,6\%$; $C_3H_8=0,7\%$; $C_4H_{10}=0,2\%$; $C_5H_{12}=0,4\%$; $N_2=0,7\%$

Ең төменгі жану жылуы $Q_H^c = Q_H^p = 37560$ кДж/м³

Табиғи газ құрамы:

CH_4 - 94,9%; C_2H_6 -3,2%; C_3H_8 -0,4%; C_4H_{10} -0,1%; C_5H_{12} -0,1%; N_2 -0,9%; CO_2 -0,4%

Табиғи газдың құрғақ массасына шаққандағы таза жылу құны:

$Q_H^c = Q_H^p = 36660,8$ кДж/м³

0°C және 760 мм.сын.бағ. кезіндегі газ тығыздығы:

$\rho_r = 0,758$ кг/м³

10°C кезіндегі 1 м³ құрғақ газдың ылғалдылығы:

$d_r = 10$ г/м³

Табиғи газдың толық жануына қажетті ауа көлемі ($\alpha = 1$):

$$V_0 = 0,0478[0,5CO + 0,5H_2 + 1,5H_2S + \Sigma(m + 0,25n)C_mH_n - O_2] \quad (1.1)$$

$$V_0 = 0,0478[2 \cdot 94,9 + 3,5 \cdot 3,2 + 5 \cdot 0,4 + 6,5 \cdot 0,1 + 8 \cdot 0,1] = 9,734 \text{ м}^3$$

Табиғи газдың толық жануынан алынатын жану өнімдерінің теориялық (ең аз) мөлшері ауаның (бір) теориялық қажетті азот мөлшерінен:

$$V_{N_2}^0 = 0,79V_B^0 + 0,008N^p = 0,79 \cdot 9,734 + 0,008 \cdot 0,9 = 7,697 \text{ м}^3$$

Үш атомды газдар:

$$V_{RO_2} = 0,01 \cdot (CO_2 + CO + H_2S + \sum m C_m H_n) \quad (1.2)$$

$$V_{RO_2} = 0,01 \cdot (0,4 + 1 \cdot 94,4 + 2 \cdot 3,2 + 3 \cdot 0,4 + 4 \cdot 0,1 + 6 \cdot 0,1) = 1,034 \text{ м}^3$$

Су буы:

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \cdot (H_2S + H_2 + \sum 0,5n \cdot C_m H_n + 0,12 d_{г.тл}) + 0,016 V_0 \quad (1.3)$$

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \cdot (2 \cdot 94,9 + 3 \cdot 3,2 + 4 \cdot 0,4 + 5 \cdot 0,1 + 0,12 \cdot 10) + 0,016 \cdot 9,734 = 2,183 \text{ м}^3$$

3.2.2 Сығымдағыштағы ауаның сығылу процесін есептеу

Бастапқы мәліметтер:

- қоршаған ортаның қысымы $P_{к0} = 91,859 \text{ кПа}$;
- кіретін ауаның температурасы $t_{к0} = 20^\circ\text{C}$; $T_{к0} = 293,15 \text{ K}$;
- сығымдағыш қысу процесінің салыстырмалы ішкі ПӘК-і $\eta_{oi}^k = 86\%$;
- қысымның жоғарылау дәрежесі $\beta = 6$;
- сығымдағыш жетегінің ПӘК-і $\eta_{пр}^k = 80\%$.

Газтурбиналық отынның 1 м^3 үшін сығымдағышқа берілетін ауаның нақты көлемі $V_B = 31,3 \text{ м}^3$;

Есептеу:

Сығымдағыштағы ауаның қысылу процесін адиабаталық көрсеткішпен қайтымсыз адиабаталық деп есептейміз $k=1,4$.

Температура әсерінсіз ауаның меншікті изобарлық көлемдік жылу сыйымдылығы [1]:

$$c'_p = \frac{R_\mu \cdot k}{(k-1) \cdot 22,4}; \quad (2.1)$$

Мұндағы $R_\mu = 8,314 \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}}$ – универсалды газ тұрақтысы;

$$c'_p = \frac{R_\mu \cdot k}{(k-1) \cdot 22,4} = \frac{8,314 \cdot 1,4}{(1,4-1) \cdot 22,4} = 1,299 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}}$$

Изоэнтропты сығылудың соғындағы ауа температурасы [1]:

$$T_{2m} = T_1 \cdot \beta^{\frac{(k-1)}{k}} = 293,15 \cdot 6^{\frac{(1,4-1)}{1,4}} = 489,14 \text{ K}; t_{2m} = 216,0^\circ \text{ C};$$

Қайтымсыз адиабаталық сығылудың соғындағы нақты температура [1]:

$$T_{2o} = T_1 + \frac{T_{2m} - T_1}{\eta_{oi}} = 293,15 + \frac{489,14 - 293,15}{0,86} = 521,0 \text{ K}; t_{2o} = 227,9^\circ \text{ C};$$

1 м^3 газтурбиналық отынға қатысты кіріс ауа ағынының энтальпиясы [1]:

$$I_{1o} = V_o \cdot c'_p \cdot t_{oc} = 31,3 \cdot 1,299 \cdot 20 = 813,8 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3};$$

1 м^3 газтурбиналық отынға қатысты шығар ауа ағынының энтальпиясы [1]:

$$I_{2\epsilon} = V_{\epsilon} \cdot c'_{p} \cdot t_{2\delta} = 31,3 \cdot 1,299 \cdot 227,9 = 9273,3 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3};$$

1 м³ газтурбиналық отынға қатысты ауаны сығымдау меншікті жұмыс [1]:

$$L_{\kappa} = I_{2\epsilon} - I_1 = 9273,3 - 813,8 = 8459,5 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}.$$

3.2.3 1 м³ ГТҚ отынына қатысты сығымдағыш энергиясының балансы

Кірісі [1]:

- сығымдағышға кірер ауаның энергиясы:

$$w_{\epsilon.вс} = I_{1\epsilon} = 813,8 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3} = 7,15\%;$$

- жетек қозғалтқышының тұтынатын электрэнергиясы [1]:

$$\Sigma w_{np} = w_{\epsilon.вс} + w_{\deltaв.пр.к} = 813,8 + 10574,4 = 11388,2 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}.$$

Шығын:

- сығымдағыштан шығар ауаның энергиясы [1]:

$$w_{\epsilon.вых} = I_{2\epsilon} = 9273,3 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3} = 81,4\%;$$

- жетектегі энергия жайылуы [1]:

$$Q_{ос}^{пр.к} = w_{\deltaв.пр.к} - L_{\kappa} = 10574,4 - 8459,5 = 2114,9 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3} = 18,6\%;$$

- энергияның толық шығыны [1]:

$$\Sigma w_{рас} = w_{\epsilon.вых} + Q_{ос}^{пр.к} = 9273,3 + 2114,9 = 11388,2 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}.$$

$$w_{\deltaв.пр.к} = \frac{L_{\kappa}}{\eta_{пр}^{\kappa}} = \frac{8459,5}{0,8} = 10574,4 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3} = 92,85\%;$$

3.2.4 Жану камерасын есептеу

ГТҚ-ның жану камерасын есептеуге бастапқы мәліметтер:

- қоршаған ортаның ылғалдылығы $d_r = 10\text{г/кг}$;
- жану камерасына берілетін отынның (табиғи газдың) көлемдік құрамы келесі кестеде:

2-кесте - Табиғи отынның көлемдік құрамы

Элемент	СН4	С2Н6	С3Н8	С4Н10	Н2	Н2О
Көлемдік мөлшері r,%	93,8	3,6	0,7	0,2	0,7	0
Адиабата көрсеткіші	1,33	1,33	1,33	1,33	1,4	1,33

- Газ турбинының алдындағы температура $t_{дг} = 900^\circ\text{C}$;
- Құрғақ ауаның көлемдік құрамы келесі кестеде:

3-кесте - Құрғақ ауаның көлемдік құрамы

Элемент	Н2	СО2	О2	Ar	қоспа
Көлемдік мөлшері r,%	78,09	0,03	20,95	0,93	100
Молярлық массасы $\mu, \text{кг/моль}$	28	44	32	40	28,97

Ауаның молярлық массасы идеал газдар қоспасының молярлық массасы ретінде табылады [1]:

$$\mu_{см} = \sum r_j \cdot \mu_j = 28,97 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}};$$

1 м³ отынның жануы кезінде түзілетін түтін газдарының теориялық көлемі [1]:

$$V_{дг}^0 = 11,75 \text{ м}^3$$

Жану камерасының энергия балансы []:

$$h_{mf} + Q_{и}^p + \alpha \cdot H_{взд}^* = H_{дгт}^* + (\alpha - 1) \cdot H_{взд.дг}^*;$$

Мұндағы $h_{тф}$ - отынның физикалық энтальпиясы [1];

$$h_{тф} = c'_{pm} \cdot t_m$$

Отынның меншікті көлемдік изобарлық жылу сыйымдылығын идеал газдар қоспасының жылу сыйымдылығы ретінде табамыз [1]:

$$c'_{pm} = \sum_{j=1}^n c'_{pj} \cdot r_j.$$

Мұндағы c'_{pm} келесі формуламен анықтаймыз [1]:

$$c'_{pj} = \frac{R_{\mu} \cdot k_j}{(k_j - 1) \cdot 22,4}.$$

Есептеу нәтижелері 5- кестеге енгізілді.

5-кесте – Отынның қоспасына кіретін элементтер параметрі

Элемент	CH4	C2H6	C3H8	C4H10	N2	H2O	қоспа
Адиабата көрсеткіші	1,33	1,33	1,33	1,33	1,4	1,33	1,33
$c'_p,$ кДж/м ³ · К	1,496	1,496	1,496	1,496	1,299	1,496	1,496

Отынның физикалық энтальпиясы [1]:

$$h_{тф} = c'_{pm} \cdot t_m = 1,485 \cdot 20 = 29,7 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}.$$

Отынның теориялық жануына қажетті ауаның энтальпиясы [1]:

$$H_{взд}^* = V_{\text{в}}^0 \cdot c'_{pв2д} \cdot t_{2д};$$

Мұндағы $c'_{pв2д}$ - температураның функциясы ретінде ауаның жылу сыйымдылығы [1];

$$c'_{pв2д} = f(t_{2д}) = f(227,9^{\circ}\text{C}) = 1,368 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}};$$

$$H_{взд}^* = V_{\text{в}}^0 \cdot c'_{pв2д} \cdot t_{2д} = 9,49 \cdot 1,368 \cdot 227,9 = 2958,6 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}.$$

Отынның тотығуы кезінде түзілетін теориялық түтін газдарының энтальпиясы [1]:

$$H_{\text{отн}}^* = V_{\text{отн}}^0 \cdot c'_{\text{рдог}} \cdot t_{\text{отн}};$$

Мұндағы $c'_{\text{рдог}}$ - идеалды газ қоспасының жылу сыйымдылығы ретінде анықталатын теориялық түтін газдарының жылу сыйымдылығы [1]:

$$c'_{\text{рдог}} = \sum_{j=1}^n c'_{\text{рдог}j} \cdot r_j;$$

Мұндағы $c'_{\text{рдог}j}$ - температураның функциясы ретінде анықталатын теориялық түтін газдарының әрбір компонентінің жылу сыйымдылығы. Нәтижелері 6 – кестеге енгізілді.

6-кесте - Теориялық жану өнімдерінің құрамдас бөліктерінің жылу сыйымдылықтары

Элемент	N2	RO2	H2O	Ar	қоспа
Көлемдік мөлшері r, %	61,93	8,38	28,96	0,73	100
$c'_{\text{рдог}j}$, кДж/м ³ · К	1,379	2,169	1,70	0,935	1,448

$$H_{\text{отн}}^* = V_{\text{отн}}^0 \cdot c'_{\text{рдог}} \cdot t_{\text{отн}} = 11,75 \cdot 1,448 \cdot 900 = 17014 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}.$$

Түтіндік газдардағы отынның жануы үшін теориялық қажетті ауа энтальпиясы [1]:

$$H_{\text{вэд.отн}}^* = V_{\text{в}}^0 \cdot c'_{\text{рв}} \cdot t_{\text{отн}};$$

Мұндағы $c'_{\text{рв}}$ - температураның функциясы ретінде ауаның жылу сыйымдылығы [1];

$$c'_{\text{рв}} = f(t_{\text{отн}}) = f(900^\circ \text{C}) = 1,426 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}};$$

$$H_{\text{вэд.отн}}^* = V_{\text{в}}^0 \cdot c'_{\text{рв}} \cdot t_{\text{отн}} = 9,49 \cdot 1,426 \cdot 1000 = 13532,74 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$$

Жану камерасының энергия балансының теңдеуінен артық ауаның коэффициентін табамыз [1]:

$$\alpha = \frac{h_{mf} + Q_n^p + H_{\text{взод.дг}}^* - H_{\text{дгт}}^*}{H_{\text{взод.дг}}^* - H_{\text{взод}}^*} = \frac{29,7 + 34837 + 13532,74 - 17014}{13532,74 - 3663,3} \approx 3,18.$$

Ылғал ауаның құрамын анықтаймыз:

$d=10$ г/кг ылғалға сәйкес ылғалды ауадағы су буының массалық концентрациясы [1]:

$$g_{H_2O} = \frac{d}{622 + d} \cdot 100\% = \frac{10}{622 + 10} \cdot 100\% = 1,58\%.$$

Ылғалды ауадағы құрғақ компоненттің массалық концентрациясы [1]:

$$g_{c.c.} = 100\% - g_{H_2O} = 100\% - 1,58\% = 98,42\%.$$

Ылғалды ауадағы су буының көлемдік үлесі:

$$r_{H_2O} = \frac{\frac{g_{H_2O}}{\mu_{H_2O}}}{\frac{g_{c.c.}}{\mu_{c.c.}} + \frac{g_{H_2O}}{\mu_{H_2O}}} \cdot 100\%;$$

Мұндағы $\mu_{H_2O} = 18$ кг/кмоль және $\mu_{c.c.} = 28,95$ кг/кмоль - тиісінше су буының және құрғақ ауаның молярлық массалары.

$$r_{H_2O} = \frac{\frac{g_{H_2O}}{\mu_{H_2O}}}{\frac{g_{c.c.}}{\mu_{c.c.}} + \frac{g_{H_2O}}{\mu_{H_2O}}} \cdot 100\% = \frac{\frac{0,0158}{18}}{\frac{0,9842}{28,95} + \frac{0,0158}{18}} \cdot 100\% = 2,52\%.$$

Ылғалды ауаның әрбір элементінің көлемдік үлесі төмендегі өрнектен табылады [1]:

$$r_{c.v.j} = (1 - r_{H_2O}) \cdot r_{c.v.j};$$

Мұндағы $r_{c.v.j}$ - құрғақ ауадағы элементтің көлемдік концентрациясы. Нәтижелері 7 – кестеге енгізілді.

7-кесте – Ылғал ауаның құрамы

Элемент	N2	CO2	O2	Ar	H2O	қоспа
Көлемдік мөлшері r, %	76,12	0,03	20,42	0,91	2,52	100
Молярлық масса μ , кг/кмоль	28	44	32	40	18	28,68

1 м³ отынға келетін ауаның көлемі [1]:

$$V_g = \alpha \cdot V_g^0 = 3,18 \cdot 9,49 = 30,18 \frac{M^3}{M^3}$$

Шамадан тыс ауа көлемі [1]:

$$\Delta V_g = (\alpha - 1) \cdot V_g^0 = (3,18 - 1) \cdot 9,49 = 20,69 \frac{M^3}{M^3}$$

Түтін газдарының нақты көлемі [1]:

$$V_{\partial z} = V_{\partial z}^0 + \Delta V_g = 11,75 + 20,69 = 32,44 \frac{M^3}{M^3}.$$

Енді түтін газының құрамдас бөліктерінің көлемін есептейміз. Нақты түтін газдарындағы азоттың көлемі [1]:

$$V_{N_2} = V_{\partial N_2}^0 + \Delta V_g \cdot r_{\partial N_2};$$

Мұндағы $V_{\partial N_2}^0$ - теориялық жану өнімдеріндегі азоттың көлемі;

$r_{\partial N_2}$ - Ылғалды ауадағы азоттың көлемдік концентрациясы [1].

$$V_{N_2} = V_{\partial N_2}^0 + \Delta V_g \cdot r_{\partial N_2} = 7,28 + 20,69 \cdot 0,7612 = 23,03 \frac{M^3}{M^3};$$

Нақты түтін газдарындағы үш атомды газдардың көлемі [1]:

$$V_{RO_2} = V_{RO_2}^0 + \Delta V_g \cdot r_{CO_2} = 0,98 + 20,69 \cdot 0,0003 = 0,986 \frac{M^3}{M^3};$$

Нақты түтін газдарындағы су буының көлемі [1]:

$$V_{HO_2} = V_{HO_2}^0 + \Delta V_g \cdot r_{HO_2} = 3,4 + 20,69 \cdot 0,0252 = 3,92 \frac{M^3}{M^3};$$

Нақты түтін газдарындағы оттегінің көлемі [1]:

$$V_{O_2} = \Delta V_g \cdot r_{O_2} = 20,69 \cdot 0,2042 = 4,22 \frac{M^3}{M^3};$$

Нақты түтін газдарындағы аргонның көлемі [1]:

$$V_{Ar} = V_{Ar}^0 + \Delta V_g \cdot r_{Ar} = 0,09 + 20,69 \cdot 0,0091 = 0,278 \frac{M^3}{M^3}.$$

Нақты түтін газдарының көлемдік құрамы келесі қатынастан табылады []:

$$r_j = \frac{V_j}{V_{\Sigma}};$$

Мұндағы V_j - түтін газының элементінің нақты көлемі.
Нәтижелері 8 – кестеге енгізілді.

8-кесте Нақты түтін газдарының құрамы

Элемент	N2	RO2	H2O	Ar	O2	қоспа
Көлемдік мөлшері r, %	71,16	2,95	11,77	0,85	13,28	100
Элемент көлемі V_j , M^3/M^3	23,9	0,99	3,95	0,28	4,46	33,59

3.2.5 Жану камерасы энергиясының балансы

Сығылған ауа энергиясы [1]:

$$w_{\text{сжс.взд}} = V_6 \cdot c'_{\text{pв2д}} \cdot t_{2д} = \alpha \cdot H_{\text{взд}}^* = 3,18 \cdot 3663,3 = 11649,3 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3} = 25,04\%;$$

Отынның жану жылуы [1]:

$$Q_n^p = 34837 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3} = 74,89\%;$$

Отынның физикалық энергиясы [1]:

$$h_{\text{мф}} = c'_{\text{рм}} \cdot t_m = 1,485 \cdot 20 = 29,7 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3} = 0,06\%;$$

Энергияның жалпы кірісі [1]:

$$\Sigma w_{\text{np}} = w_{\text{сжс.взд}} + Q_n^p + h_{\text{мф}} = 11649,3 + 34837 + 29,7 = 46515,5 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}.$$

Түтін газдар энергиясы [1]:

$$w_{\text{дз}} = V_{\text{дз}} \cdot c'_{\text{пдз}} \cdot t_{\text{дз}};$$

Мұндағы $c'_{\text{пдг}j}$ - нақты элементтің меншікті көлемдік жылу сыйымдылығы;

$$c'_{\text{пдз}} = \sum_{j=1}^n c'_{\text{пдз}j} \cdot r_j = 1,448 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}};$$

$$w_{\text{дз}} = V_{\text{дз}} \cdot c'_{\text{пдз}} \cdot t_{\text{дз}} = 32,44 \cdot 1,448 \cdot 1000 = 46973,32 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}.$$

Теңгерімсіздік [1]:

$$\Delta w = \Sigma w_{\text{np}} - w_{\text{дз}} = 46973,32 - 46515,5 = 457,82 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}.$$

Жану камерасының теңгерімсіздігі жану камерасының қабырғалары арқылы қоршаған ортаға энергияның таралуы ретінде қарастырылады.

4 Қалдық жылу қазандығын таңдау және есептеу

Қалдық жылу қазандығын таңдау газ турбинынан шығатын түтін газдарының энергиясына негізделген. Бұл дипломдық жұмыста Ресейлік «Подольск машина жасау зауыты» мекемесінің тік, жеке түтіндігі мен кіріктірілген газ конденсатты жылытқышы бар екі барабанды қалдық жылу қазандығы таңдалды. Есептеудің бастапқы мәліметтері (SGT-700 ГТҚ-ның сипаттамалары):

- электрлік қуаты $N_3 = 29,06 \text{ МВт}$;
- түтін газының шығыны $G_\Gamma = 95 \text{ кг/с}$;
- түтін газының ГТҚ-дан шығар температурасы $\vartheta_d = 518^\circ\text{C}$;
- ГТҚ-ның электрлік ПӘК-і $\eta^3 = 35\%$;
- сыртқы ауа температурасы $t_{c.a.} = 15^\circ\text{C}$;
- ҚЖҚ тізбектеріндегі қысым $P_0^{B.D.} = 8,8 \text{ МПа}$; $P_{н.д.} = 0,7 \text{ МПа}$;
- ауасыздандырғыштағы қысым $P^D = 0,6 \text{ МПа}$.

Қатты қыздырғыш пен жоғары қысымды буландырғыштың біріктірілген беттері үшін бір ҚЖҚ жылу балансының теңдеуі [3]:

$$G_\Gamma(I_\Gamma - I_{\text{ЭК}}^{B.D.}) = G_{\text{П}}^{B.D.}(h_0^{B.D.} - h_{\text{ЭК}}^{B.D.}) \quad (4.1)$$

Мұндағы $G_\Gamma = 95 \text{ кг/с}$ – түтін газдар шығыны;

$I_\Gamma = 595,5 \text{ кДж/кг}$ – газдар энтальпиясы;

$h_0^{B.D.} = 3470,2 \text{ кДж/кг}$ – будың энтальпиясы;

$h_{\text{ЭК}}^{B.D.} = 1364 \text{ кДж/кг}$ – судың энтальпиясы.

$\delta t_{\text{ЭК}} = 31^\circ\text{C}$ температура айырмашылығын таңдап, экономайзер алдындағы газдардың температурасын анықтаймыз [3]:

$$\vartheta_{\text{ЭК}}^\Gamma = t_\Gamma + \delta t_{\text{ЭК}} = 264 + 31 = 295^\circ\text{C} \quad (4.2)$$

Есептелген температура бойынша экономайзер алдындағы газдардың энтальпиясын анықтаймыз [4]:

$$I_{\text{ЭК}}^\Gamma = 350 \text{ кДж/кг.}$$

Келесі теңдеумен бір ҚЖҚ шығаратын жоғары қысымды бу ағыны есептеледі [3]:

$$G_{\text{П}}^{B.D.} = \frac{G_\Gamma(I_\Gamma - I_{\text{ЭК}}^{B.D.})}{(h_0^{B.D.} - h_{\text{ЭК}}^{B.D.})} = \frac{95(595,5 - 350)}{(3470,2 - 1364,1)} = 39,49 \text{ т/сағ.}$$

Жоғары қысым тізбегінің экономайзері үшін келесі қатынас эквивалентті болады [3]:

$$G_{\Gamma}(I_{\text{ЭК}}^{\text{В.Д}} - I_{\text{УХ}}^{\text{Г.ВД}}) = G_{\Pi}^{\text{В.Д}}(h_{\text{ЭК.В}}^{\text{ВД}} - h_{\text{П.В}}), \quad (4.3)$$

$h_{\text{П.В}} = 670 \text{ кДж/кг}$ ауасыздандырғыш қысымы $P^{\text{Д}}=0.6 \text{ МПа}$ болған кездегі қоректік судың энтальпиясы, ал $I_{\text{УХ}}^{\text{Г.ВД}}$ – жылу алмастырғыштардың контурынан шығатын газдардың энтальпиясы [3].

$$I_{\text{УХ}}^{\text{Г.ВД}} = I_{\text{ЭК}}^{\text{В.Д}} - \frac{G_{\Pi}^{\text{В.Д}}(h_{\text{ЭК.В}}^{\text{ВД}} - h_{\text{П.В}})}{G_{\Gamma}}, \quad (4.4)$$

Қазандықтың төмен қысымды тізбегінің аса қыздырғыш пен буландырғыштың біріктірілген беттері үшін [3]:

$$G_{\Gamma}(I_{\text{УХ}}^{\text{Г.В.Д}} - I_{\text{ГПК}}) = G_{\Pi}^{\text{Н.Д}}(h_0^{\text{ВД}} - h_0^{\text{НД}}) \quad (4.5)$$

Бұл қатынаста ГКҚ-ға кіретін газдардың энтальпиясы (газ конденсатты қыздырғыш) $\vartheta_{\Gamma}^{\text{ГПК}} = 172^{\circ}\text{C}$ температурамен анықталады. $I_{\text{ГПК}} = 180 \text{ кДж/кг}$.

Төмен қысымды контурдың шығысындағы будың энтальпиясы контурдағы қысыммен $P_{\text{Н.Д}} = 0,7 \text{ МПа}$ және $t_0^{\text{НД}} = 235 - 30 = 205^{\circ}\text{C}$ температурасымен анықталады. $h_0^{\text{НД}} = 2740 \text{ кДж/кг}$.

Төмен қысымды контурдың барабанындағы судың энтальпиясы $h_6^{\text{НД}} = 697,1 \text{ кДж/кг}$. Келесі теңдеуден қазандықтың төмен қысымды тізбегі арқылы өтетін бу ағынын табамыз [3]:

$$G_{\Pi}^{\text{Н.Д}} = \frac{G_{\Gamma}(I_{\text{УХ}}^{\text{В.Д}} - I_{\text{ГПК}})}{h_0^{\text{ВД}} - h_6^{\text{НД}}} = \frac{95(247 - 180)}{2840 - 697,1} = 2,98 \text{ кг/с} \quad (4.6)$$

ГКҚ-ға кіре берістегі қоректік судың температурасын $t_{\text{ПВ}} = 60^{\circ}\text{C}$ деп қабылдаймыз, сонда оның энтальпиясы $h_{\text{ПВ}} = 251 \text{ кДж/кг}$.

ГКҚ мен деаэратордағы конденсатты жылыту шамамен біркелкі жүзеге асырылады деп есептейміз. ГКҚ-дан кейінгі судың энтальпиясы $h_{\text{ГКҚ}} = 460 \text{ кДж/кг}$, сонда оның температурасы $t_{\text{ГКҚ}} = 110^{\circ}\text{C}$. Төмендегі теңдеуден [3]:

$$[2(G_{\Pi}^{\text{В.Д}} + G_{\Pi}^{\text{Н.Д}}) - G^{\text{Д}}]h_{\text{ГКҚ}} + G^{\text{Д}} \cdot h_0^{\text{НД}} = 2(G_{\Pi}^{\text{Н.Д}} + G_{\Pi}^{\text{В.Д}})h_{\text{Д}}, \quad (4.7)$$

Ауасыздандырғышқа кететін бу шығынын табамыз: $G^{\text{Д}} = 2,12 \text{ кг/с}$.

Конденсатор мен рециркуляция сызығынан конденсат ағындарының араласу нүктесі үшін жылу балансының теңдеуі [3]:

$$[2(G_{\Pi}^{B,D} + G_{\Pi}^{H,D}) - G^D]h_K + G^P \cdot h_{ГКҚ} = [2(G_{\Pi}^{H,D} + G_{\Pi}^{B,D}) - G^D + G^P]h_{П.Р}, \quad (4.8)$$

Осы жерден рециркуляция шығыны: $G^P = 13,6$ кг/с.
ГКҚ-ның жылулық балансы теңдеуінен [3]:

$$G_{\Gamma}(I_{ГКҚ} - I_{yx}) = (G_{\Pi}^{H,D} + G_{\Pi}^{B,D} - \frac{G^D}{2} + \frac{G^P}{2})(h_{ГКҚ} - h_{П.Р}) \quad (4.9)$$

Шығар газдардың энтальпиясын анықтаймыз: $I_{yx} = 150,5$ кДж/кг.
ҚЖҚ-ның ПӘК-ін анықтаймыз [3]:

$$\eta_{ҚЖҚ} = \frac{(I_d - I_{yx})}{(I_d - I_a)} = \frac{595,5 - 150,5}{595,5 - 15,4} = 0,77 \quad (4.10)$$

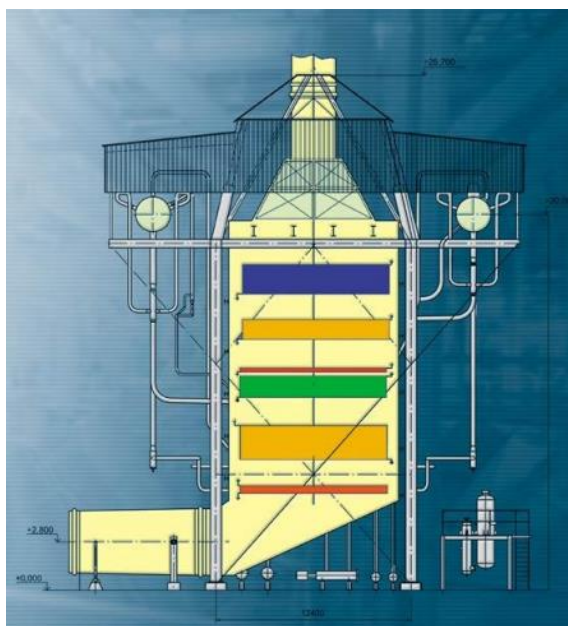
ГТҚ-ның газдарымен бу турбиналық циклге берілген жылу [3]:

$$Q_{ГТҚ} = 2G_{\Gamma}(I_d - I_{yx}) = 95(595,5 - 150,5) = 42275 \text{ кВт} \quad (4.11)$$

Жүргізілген есептеулердің нәтижесінде алынған мәліметтерге сүйене отырып, қуаты 38МВт «П-103» үлгідегі қалдық жылу қазандығы таңдалды.

4.1 П-103 қалдық жылу қазандығы

Қуаты 38 МВт-қа дейінгі газ турбиналарының «П-103» үлгісіндегі қалдық жану қазандығы барабаны газ турбинасынан кейінгі түтін газдарының жылуын пайдалану арқылы жоғары және төмен қысымда бу өндіруге арналған. Газ турбиналары үшін негізгі және резервтік отын ретінде табиғи газ қолданылады. Төмендегі суретте П-103 қалдық жылу қазандығы бейнеленген.



8-сурет – П-103 қалдық жану қазандығы

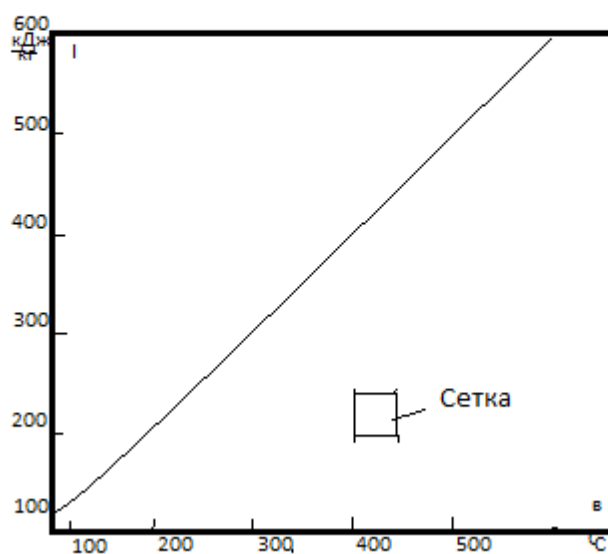
Қалдық жылу қазандығы ашық жоспармен және MSK-64 шкаласы бойынша 9 балдық сейсмикалық қауіпті құрылыспен жобаланған. Қалдық жылу қазандығы газ өткізбейтін металл қаптамадан жасалған.

9-кесте П-103 ҚЖҚ-ның техникалық көрсеткіштері

Бу өнімділігі	т/сағ
Жоғары қысымды	39,6
Төмен қысымды	8,0
Бу қысымы	МПа
Жоғары қысымды	8,8
Төмен қысымды	0,7
Кіретін газдар температурасы	523°C
Шығаратын газдар температурасы	100°C

Қалдық жылу қазандығының беті сыртқы спиральды тісті қанаттары бар құбырлардан және тасымалдау жағдайларының максималды өлшемдері

негізінде жеткізілетін модульдерден жасалған. Қалдық жылу қазандығы операциялық бақылау, қауіпсіз пайдалану және үнемді жұмыс істеу үшін қажетті технологиялық параметрлерді, қорғаныс пен бұғаттауды, автоматты басқаруды бақылау жүйелерімен жабдықталған. 9 – суретте газ турбиасының пайдаланылған газдарының энтальпиясының температурға тәуелділік диаграммасы келтірілген.



9-сурет - Газ турбиасының пайдаланылған газдарының энтальпиясының температураға тәуелділік диаграммасы [1]

ҚОРЫТЫНДЫ

Алматы қаласының орталығында орналасқан бірінші жылу электр орталығына бу газдық қондырғыны орнату бойынша дипломдық жұмыс жасалды. Жұмыстың барысында бұл жобаның экономикалық және энергетикалық тиімділі қарастырылды. ЖЭО-1-дің қазіргі тарихы мен қазіргі жағдайы қарастырылып, болашақтағы жоспарлары сарапқа салынды. Сонымен қатар, 21-ғасырдың технологиялық жетістіктерінің арқасында бу газдық қондырғы жоғары сұранысқа ие болып табылады. Негізгі бөлімдерден бұл қондырғының түрлері көп екенін көре аламыз. Бу газ қондырғысы өте маневрлік қозғалтқышқа ие. Бу күші мен бу газ ЖЭС-тің бірдей қуатында БГҚ-ның салқындатқыш суын тұтыну шамамен үш есе аз болып келеді. 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 және бұл біздің жағдайда өте ұтымды деп айта аламыз.

Алматы облысының халық саны жыл сайын қарқынды түрде өсіп келеді. Бұл болашақта көп мөлшерде энергетикалық тұтынуларға алып келетіні сөзсіз. ЖЭО-1 қаланың орталығында орналасқан және оның құрамдас бөлшектері өте ескі және қазіргі энергетикалық сұраныстарға жауап бере алмайды. Осыны ескере отырып, ЖЭО-1-ге бу газдық қондырғыны орнату қарастырылған болатын. Сонымен қатар, бұл станцияны толық қанды табиғи газ отынына көшіруге мүмкіндік туғызады. Ал бұл дегеніміз экологиялық тұрғысынан қаламызға өте пайдалы болып келеді.

БЕЛГІЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР ТІЗБЕСІ

ЖЭО – жылу электр орталығы;
ГТҚ – газ турбиналық қондырғысы;
БГҚ – бу газдық қондырғы;
ГБК – газ булық қондырғы;
ЦЭС – центральная электро станция;
ТМД – тәуелсіз мемлекеттер достастығы;
АҚ – акционерлік қоғам;
ЖШС – жауапкершілігі шектеулі серіктестік;
КСРО – кеңестік социалистік республикалар одағы;
ГТЭС – газ турбиналық электр станция;
БТҚ – бу турбиналық қондырғы;
SGT – Siemens gas turbine;
ПӘК – пайдалы әрекет коэффициенті;
ҚЖҚ – қалдық жану қазандығы;
ГКҚ – газ конденсатты қыздырғышы;
Q – жылу шығыны;
I – газдар энтальпиясы;
N – қуаты;
h – энтальпия;
G – отын шығыны;
T – температура;
P – қысым.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 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.
- 2 Попырин Л.С., Штромберг Ю.Ю., Дильман М.Д. Надежность парогазовых установок//Теплоэнергетика, № 7, 1999
- 3 Трухний 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
- 4 С.Л. Ривкин, А.А. Александров, Теплофизические свойства воды и водяного пара. М.:Энергия, 1980.-423с.
- 5 С.Л. Ривкин, А.А. Александров, Термодинамические свойства воды и водяного пара. М.:Энергияатомиздат, 1984.
- 6 Абақ А., Ержан Т. Мади П.Ш. Анализ электростанций Казахстана. / Тезисы докладов Республиканской студенческой научной конференции «Вклад молодежной науки в реализацию Стратегии «Казахстан-2050», посвященной 120-летию К. Сатпаева и Году молодежи в Республике Казахстан, 11-12 апреля 2019 год. С. 115-123.
- 7 Трухний А.Д. Современная теплоэнергетика. 2004.-39с.
<https://manbw.ru/analytics/siemens-SGT-700.html>
- 8 Сазанов Б.В. Промышленные теплоэнергетические установки и системы. / ЗАО «Издательский дом МЭИ», 2014. 196 с

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Дипломдық жұмыс
Егембердиев Санжар Абсадиқұлы
5В071700 – «Жылу энергетика» мамандығы

Тақырыбы: Алматы ЖЭО-1-де БГҚ орнату

Бұл дипломдық жұмыста Алматы қаласының бірінші жылу электр орталығында бугаздық қондырғыны орнату қарастырылады. Қазір мегаполистің орталық бөлігіне электр және жылу энергиясын өндіретін ескі қондырғыларға шолу жасалынды. Бугаздық қондырғыны қондырудың маңыздылығы айтылады. Сонымен қатар, қондырғының түрлеріне талдау жүргізіліп, техникалық жағынан есептелген. Жұмыстың барысында бұл жобаның экономикалық және энергетикалық тиімділігі қарастырылды.

Экономикалық бөлімде, экономикалық тиімділік жоспары қарастырылған.

Студент дипломдық жұмысты орындауда өздігінен жұмыс істеу қабілетін көрсете алды. Егембердиев Санжар Абсадиқұлы алдына қойған есептерді шеше алатынын, әдебиеттермен жұмыс істей алатындығын көрсетті.

Дипломдық жоба «85/В+/жақсы» деген бағаға, ал студент Егембердиев Санжар Абсадиқұлы 5В071700 – Жылу энергетика мамандығы бойынша «бакалавр» академиялық дәрежесіне ұсынылуға лайық деп есептеймін.

Ғылыми жетекші:
«Энергетика» кафедрасының
ассистент профессоры, PhD
(қызметі, ғыл. дәрежесі, атағы)



Н.Е. Балгаев
(қолы)

Күні:

«14» 05 2022 ж.

СЫН – ШҚІР

Дипломдық жұмыс
Егембердиев Санжар Абсадиқұлы
5B071700 – «Жылу энергетика» мамандығы

Тақырыбы: Алматы ЖЭО-1-де БГҚ орнату

ЖОБАҒА ЕСКЕРТУ ЖАСАУ

Бұл дипломдық жұмыста Алматы ЖЭО-1-де БГҚ орнату қарастырылады. Қазір мегаполистің орталық бөлігіне электр және жылу энергиясын өндіретін ескі қондырғыларға шолу жасалынды. Қазіргі қолданыстағы ЖЭО-лар негізінен көмір отынын пайдалануда. Қазандықтарда көмірді жаққаннан кейін, атмосфераға көптеген зиянды қалдықтар тарайды. Осыған орай, ЖЭО-1-ге бу газдық қондырғыларды орнату ұсынылады. Бұл дипломдық жұмыста ЖЭО-1-ге БГҚ-ны орнату жұмыстары есептелініп, тиімділігі дәлелденетін болады.

ЖЭО-1-ге бу газдық қондырғыны орнату бұл станцияны толық қанды табиғи газ отынына көшіруге мүмкіндік туғызады. Бугаздық қондырғыны қондырудың маңыздылығы айтылады. Сонымен қатар, қондырғының түрлеріне талдау жүргізіліп, техникалық жағынан есептелген. Жұмыстың барысында бұл жобаның экономикалық және энергетикалық тиімділігі қарастырылды.

Экономикалық бөлімде, экономикалық тиімділік жоспары қарастырылған.

Жоба бойынша ескерту:

Пайдаланған әдебиеттер тізімін тағы да толықтыру қажет болып табылады. Есептеулер жүргізілген. Ұсынылған жоба тиімді болып табылады.

ЖҰМЫСТЫ БАҒАЛАУ

Дипломдық жұмыста бүкіл мәселелер толықтай қарастырылған дей келе, «85/В+/жақсы» және толық деп бағалап, оны орындаушы Егембердиев Санжар Абсадиқұлы 5B071700 - «Жылу энергетика» мамандығы бойынша бакалавр лауазымына лайықты деп санаймын.

Пікір беруші:

АЭЖБУ, «Электржетектер және өнеркәсіптік қондырғыларды автоматтандыру» кафедрасының
доценти, тех. ғыл. канд.

К.О.Ғали

«5» _____ 2022 ж.



Ф.КазУТУ-706-52-08.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Егембердиев Санжар Абсадикулы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Алматы ЖЭО-1-де БГҚ орнату

Научный руководитель: Нуржан Балгаев

Коэффициент Подобия 1: 8.2

Коэффициент Подобия 2: 2.4

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 4

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, являются законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование: *Допущена к защите*

Дата

19.05.2022

Заведующий кафедрой *Сараева Б.А.*



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Егембердиев Санжар Абсадикулы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Алматы ЖЭО-1-де БГҚ орнату

Научный руководитель: Нуржан Балгаев

Коэффициент Подобия 1: 8.2

Коэффициент Подобия 2: 2.4

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 4

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

*Дипломның мұқият тексеріліп, плагиат емес.
Дипломның мұқият тексеріліп, қорғауға жіберілгені.*

Дата

18.05.22ж.



Балгаев Н.Е.

проверяющий эксперт