

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және машина жасау институты

Энергетика кафедрасы

Төлеуов Саят Салтанатұлы

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

Алматы ЖЭО-1 ГТҚ қолданып қайта құру

5B071700 – «Жылу энергетикасы»

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және машина жасау институты

Энергетика кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ  
НАО «КазНИТУ им. К.И. Сәтбаева»  
Институт энергетика  
и машиностроения

Р.Б. Давытов, акад., профессор

Е.А. Сарсенбаев

«19» 05 2022 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Алматы ЖЭО-1 ГТҚ қолданып қайта құру»

5B071700 – Жылу энергетикасы мамандығы

Орындаған

Төлеуов Саят

Пікір беруші

Р.Б. Давытов, асоц. профессор

Б. Онгар

«19» маусым 2022 ж.

Ғылыми жетекшісі

Асоц. профессор

Д.Р. Умышев

«19» маусым 2022 ж.

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ

19.05.2022

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

 Е.А. Сарсенбаев

« 24 » 01 2022 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға**

**ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Төлеуов Саят Салтанатұлы

Тақырыбы: Алматы ЖЭО-1 ГТҚ қолданып қайта құру

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) Алматы ЖЭО-1 туралы жалпы ақпарат;

ә) ГТҚ есептеу және таңдау;

б) Кәдеге жаратушы қазандық есептеу және таңдау;

Сызбалық материалдар тізімі: Сызбалық материалдарды слайдпен көрсетілген.

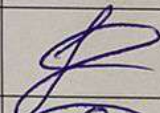
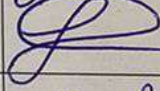
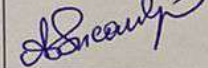
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 8 атау

Дипломдық жұмысты дайындау

**КЕСТЕСІ**

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Жалпы мәліметтер	30.01.2022	Жоқ
ГТҚ есептеу және таңдау	11.02.2022	Жоқ
Кәдеге жаратушы қазандық есептеу және таңдау	30.03.2022	Жоқ


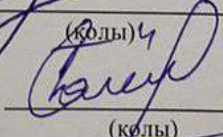
Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер	Қол қойылған күні	Қолы
Негізгі бөлім	Умышев Д.Р. асоц. профессор	30.01.2022	
Есептеу бөлімі	Умышев Д.Р. асоц. профессор	11.02.2022	
Норма бақылау	А.О.Бердибеков, сениор-лектор	16.05.2022	

Ғылыми жетекші

Тапсырманы орындауға алған студент

Күні

 Д.Р. Умышев  
 (қолы)  
 Төлеуов С.С.  
 (қолы)  
 «24» 01 2022 ж.

## **АНДАТПА**

Осы дипломдық жұмыста Алматы қаласының бірінші жылу электр орталығын газтурбиналық қондырғымен қайта құру жобасы жасалынды. Заманауи қондырғылар таңдалып, есептеулер жүргізілді. Жұмыс барысында ЖЭО-ның қазіргі жағдайы және оны қайта құрудың маңыздылығы қарастырылды.

## **АННОТАЦИЯ**

В данной дипломной работе был разработан проект реконструкции первой Алматинской ТЭЦ с газотурбинной установкой. Подобрано современное оборудование и произведены расчеты. В ходе работы рассмотрено современное состояние ТЭЦ и важность ее реконструкции.

## **ANNOTATION**

In this thesis work, a project was developed for the reconstruction of the first Almaty power station with a gas turbine plant. Modern equipment was selected and calculations were made. In the course of the work, the current state of the power station and the importance of its reconstruction were considered.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Алматы қаласының энергетикалық кешендері	8
2.1 Алматы ЖЭО-1 туралы жалпы мәлімет	10
2.2 ЖЭО-1 негізгі жабдықтар құрамы және сипаттамалары	12
2.3 Негізгі жылулық сұлбаның сипаттамасы	14
2.4 ЖЭО-1 отын шаруашылығы	15
2.5 Мазут және газ отындарының шаруашылығы	17
2.6 Бас корпусстың бөлмелері	17
2.7 ЖЭО-1 бас жоспары	19
3 Газ турбиналық қондырғы	20
3.1 Газ турбиналық қондырғысын есептеу	20
3.2 Қалдық жылу қазандығын есептеу	24
3.3 «КГТ-35» қалдық жылу қазандығы	27
Қорытынды	28
Белгілер мен қысқартулар тізбесі	29
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	30

## КІРІСПЕ

Заманауи өмірдің негізгі кілті қаланы электр энергиясымен қамтамасыздандыру болып табылады. Осы мақсатта ғалымдар ұзақ жылдар бойы электр энергиясын өндірудің тиімді жолдарын іздеп, зерттеп және күнделікті қолданысқа енгізген еді. Солардың ішіндегі ең тиімдісі жылу электр орталықтары болып табылады. Олардың негізгі жағармайы ретінде орналасқан географиялық аумағына байланысты көмір немесе газ отындарын қолданылады.

Қазіргі таңда әлемнің өзекті мәселесі ғаламдық жылыну екені белгілі. Оның басты себебі зауыт-фабрикалардың және көліктердің шығаратын улы газдары болып табылады. Егер жағдай осы ырғақпен жалғасатын болса, мұздықтар еріп, ауыр апатқа алып келуі мүмкін. Осыны алдын алу мақсатында БҰҰ мүшелеріне экологиялық шарттар орнатылған болатын. Алматы қаласының бұрыннан қозғалып келе жатырған басты мәселесі қазіргі негізгі отыны көмір болып табылатын ЖЭО-1 ді газдандыру. Әрине, тек бір ЖЭО-ны қайта құру Алматы қаласының экологиялық мәселесін шеше алмайды, бірақ та айтарлықтай үлесін қосатыны сөзсіз.

Қаланың ең ескі ЖЭО-сын газдандыру күрделі процесс. Қайта құру қыруар қаржы мен уақытты талап етеді. Көмірге арналған бу генераторларын газға ауыстыратын болсақ, біз ЖЭО-ның қуатын айтарлықтай арттыра алмаймыз. Себебі, бұл ЖЭО қаланың ішінде орналасқан және аумағы шектеулі. Президентіміздің тапсырмасы бойынша Алматы қаласының энергетикалық мәселелерін аздаған уақыт ішінде шешу көзделген. Бұл дипломдық жұмыста Алматы ЖЭО-1 газтурбиналы қондырғыны қолданып қайта құру жобасы ұсынылады. ГТҚ-ны қолдану газдандыру мәселесін айтарлықтай тездетіп, басты мәселені шеше алатыны сөзсіз.

## 1 Алматы қаласының энергетикалық кешендері

Алматы қаласы Қазақстанның оңтүстік шығысында орналасқан ірі қалалардың бірі болып табылады. Халық саны жөнінен екі миллионға жуық тұрғынымен елімізде бірінші орында. Қала неғұрлым өскен сайын, оның энергетикалық сұраныстары да арта береді. Осы мәселені шешу мақсатында қалада үш жылу электр орталықтары жұмыс істейді және қазіргі уақытта Алматы ЖЭО-лары «АлЭС» АҚ иелігінде, оның акцияларының 100%-ы «Самұрық-Энерго» холдингіне тиесілі.

Б. Оразбаев атындағы ЖЭО-1 жобасы мен құрылысы 1931 жылы басталды. Ал 1935 жылы 25 қазанда бірінші қондырғы өндірістік жүктемеге берілді. 1935 жылы 1,8 млн кВт/сағ электр энергиясы өндірілді. Бүгінгі күні бұл станцияның бір тәулікте өндіретін қуаты, дегенмен Алматы үшін қырқыншы жылдардың ортасында турбинаның іске қосылуы үлкен мерекеге айналды. 1940-1946 жылдар аралығында ЖЭО құрылысының бірінші кезеңі аяқталған еді. Нәтижесінде 4 бу генераторлары мен 5 турбоагрегаттар пайдалануға берілді. 1953-1954 жылдары екінші кезеңі аяқталып, ЖЭО қуаты 6,3МВт-қа артқан еді. Үшінші және төртінші кезекте қаланы жылумен қамтамасыз ету мәселелері шешілген болатын. 1972 жылы соңғы бесінші кезекте БКЗ-160-100 бу генераторларының төрт данасы мен екі бу алымдары бар турбоагрегаттар орнатылған. Ал 1976-1979 жылдары үш су жылытқыш қазандықтармен толықтырылған. 2000 жылдың соңына қарай ескірген тиімсіз қондырғылар пайдаланудан шығарылды және қазіргі уақытта алты бу генераторлары, жеті су қыздырғыш қазандықтар және жалпы қуаттары 145МВт болатын үш бу турбиналары қаланы электр және жылу энергияларымен қамтамасыз етеді.

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. Табиғи ресурстарды пайдалану тиімділігі және қала экологиясына техногендік жүктемені азайту тұрғысынан ең ұтымды технология – газ турбиналық қондырғыларды пайдалану нұсқасы болып табылады. 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.

Ә.Жақұтов атындағы Алматы ЖЭО-2 құрылысы 1974 жылы басталды. Бірінші кезегінің жобалық қуаты 240 МВт. Сейсмикалық қауіпсіздік деңгейін арттыру мақсатында станция 12 метрге тереңдетілген. Станцияда елімізде алғаш рет сағатына 420 тонна бу өндіретін сейсмикалық нұсқадағы қазандықтар іске қосылды. Құрылыстың 2-кезеңі 1985-1989 жылдар аралығында орындалды және 2016 жылы Е 420-13.8-560 КТ үлгідегі бу генераторымен жабдықталды. Нәтижесінде ЖЭО-ның электрлік қуаты 510МВт-қа жетсе, жылулық қуаты 1411Гкал/сағ-қа өсті.



2021 жылдың 19 қарашасында президентіміз Қасым-Жомарт Тоқаевтың Алматыға жұмыс сапарымен ЖЭО-2-ге келді. Мемлекет басшысы станциядағы қуаты 600 МВт болатын құрамдас циклды бу газдық қондырғының құрылысымен танысты. «Самұрық-Қазына» АҚ басқарма төрағасы Алмасадам Сәтқалиев Мемлекет басшысына газ қондырғылары іске қосылғаннан кейін 2026 жылға қарай ЖЭО-2 зиянды заттардың шығарындылары жылына 50,4 мың тоннадан 6,7 мың тоннаға дейін төмендейтінін хабарлады.

Алматы қаласының үшінші жылу электр орталығының құрылысы 1957 жылы басталды және қуаттылығы 50МВт болатын бірінші энергоблок 1962 жылы іске қосылды. Ал 1965 жылы жобаға сәйкес қуаттылығы 200МВт-қа жетті. Жылыжай және жылыжай кешенін жылумен қамтамасыз ету және Өтеген батыр елді мекенін (бұрынғы Энергетик поселкесін) кеңейту кезінде жылу тұтынуды арттыру мақсатында 1973-1976 жылдар аралығында бу алымын алу үшін үш турбоагрегаттар қайта құрудан өткен болатын. Нәтижесінде 1976 жылы станцияның жалпы қуаты 173МВт-қа төмендеді.

Еуразиялық даму банкі Алматы ЖЭО-3-ті қайта құруды қаржыландыруды көздеп отыр. ЕАДБ, «Самұрық-Энерго» АҚ және «АлЭС» АҚ арасында «Станция қуатын 450 МВт-қа дейін ұлғайту арқылы Алматы ЖЭО-3-ті құрамдастырылған циклді станса базасында қайта құру» жобасын қаржыландыруды ұйымдастыру бойынша ынтымақтастық туралы үшжақты келісімге қол қойылды. Жобаны жүзеге асыру ЖЭО-3-ті көмірден газға толығымен ауыстыруды жүзеге асыруға, сол арқылы өндірістің экологиялық көрсеткіштерін айтарлықтай жақсартуға және өңірдің қоршаған ортаға зиянды әсерін азайтуға мүмкіндік береді.

Қазіргі уақытта Алматы қаласын электр энергиясынмен қамтамасыз етіп отырған үш жылу электр орталықтарының қуаттылығы 828МВт-қа тең. Қайта құрудан өткеннен кейін жобалық есептеулерге сәйкес оның қуаты 1,3ГВт-ты құрайтын болады [1].

## 2.1 Алматы ЖЭО-1 туралы жалпы мәлімет

Б.Оразбаев атындағы ЖЭО-1 қаланың ең көне жылу электр орталығы болып табылады. Қазіргі уақытта қуаты 145МВт-ты құрайды. Ол қаланың негізгі жылу көзі болып табылады, өйткені аймақтың қырық пайыз аумағы жылуды ЖЭО-1-ден алады. Электрлік қуаты қаланың он бір пайызын қамтиды. 2017 жылға дейін негізгі отын көзі көмір болып келген бұл ЖЭО қалаға экологиялық зардабын тигізгені сөзсіз. Көмірді өндіру қоршаған орта үшін ең «лас» деп бекер айтылмаған. Көмірді жылу электр станцияларында немесе қазандықтарда жағу кезінде көптеген зиянды заттар көп мөлшерде бөлінеді. Бұл көміртек тотығы, азот оксиді, бензапирен, күкірт диоксиді және азот диоксиді. Оған ауаны уландыратын газдардан басқа қатты фракциялардың көп мөлшері – өнеркәсіптік қара күйе мен бейорганикалық шаң тасталады. Сонымен қатар, көмірді жағудан кейін көп мөлшерде қалатын күлді жою немесе кәдеге жарату мәселесі қиындық тудырады. Соңғы жылдары әлемде жасыл технологияларға белсенді көшу үрдісі байқалған болатын. Қазақстан да бұл үрдісті кезең-кезеңімен қабылдауға тырысуда. Осыған орай 2017 жылы «Самұрық-Энерго» Алматыдағы ең ескі ЖЭО-1-ді газға ауыстырды. Бұл жобаны жүзеге асыру қоршаған ортаға шығарылатын зиянды қалдықтардың көлемін айтарлықтай азайтуға мүмкіндік берген еді. Мысалы, 2013 жылы атмосфераға зиянды заттардың шығарындыларының көлемі 3 мың тоннаны құраса, 2019 жылға қарай бұл көрсеткіш 0,8-ге дейін төмендеген. Бұл ретте жылу электр орталығында электр және жылу энергиясын өндіру үшін көмірді жағу кезінде пайда болатын күл мен қож қалдықтарын жоюға мүмкіндік туды.

ЖЭО-1 үшін 2017 жылдан бері негізгі отын табиғи газ болғанына қарамастан, мазут біріктірілген жылу-электр станцияларында да пайдаланылуы мүмкін, бірақ қазірдің өзінде резервтік отын ретінде. Негізгі отын ретінде газ тәріздес отынға көшкен кезде біз оны пайдалану тиімділігін арттыра алдық. Жылу энергиясын жеткізуге стандартты отынның үлестік шығыны 4,2%-ға, ал электр энергиясын жеткізуге – 27,6%-ға төмендеді. Бұл табиғи газды жағу кезінде қазандықтың тиімділігін арттыруға байланысты, қазандықтағы механикалық және химиялық аз жанудан жылу шығындарын азайту арқылы жүзеге асты. Сондай-ақ мұндай нәтижеге қазандық цехының жеке қажеттіліктері үшін электр энергиясын тұтынуды азайту арқылы қол жеткізілді. Қазіргі уақытта станцияның айына нақты электр қуатын өндіруі 8400 тоғыз қабатты үйді және 1350 тоғыз қабатты үйді жылумен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Б.Оразбаев атындағы ЖЭО-1 ең ірі орталықтандырылған қаланы жылумен қамту жүйесінің аймағына кіреді. Бұл станция қаланың орталық бөлігін жылумен қамтамасыздандырады. ЖЭО-1-дің негізгі өнімдері:

- жылыту, желдету және ыстық сумен жабдықтаудың жылу жүктемелерін қамтамасыз ету үшін жылытуға арналған ыстық су;
- өндірістік тұтынушыларды 1,2-1,5МПа қысымдағы технологиялық бумен қамтамасыздандыру;

- қаланы электроэнергиясымен қамтамасыздандыру және оны энерго жүйеге 110кВ кернеумен беру.

ЖЭО-1-дің жылулық жүктемелері:

- ыстық суда 968МВт (834,5Гкал/сағ);

- бу шығыны 1,3МПа сыртқы тұтынушылар үшін 140-178 т/сағ.

ЖЭО-1-дің жұмыс тәртібі бір жыл ішінде жылулық график бойынша. ЖЭО-ның жылулық графигі 132/70°C - ты құрайды [2].

## 2.2 ЖЭО-1 негізгі жабдықтар құрамы және оның сипаттамалары

Барлық жылу электр орталықтарының құрамдас жабдықтары бірдей болып келеді. Өйткені жұмыс істеу қағидалары бірдей болып табылады. Б.Оразбаев атындағы Алматы қаласының бірінші жылу электр орталығы келесі негізгі жабдықтардан тұрады:

1) Бу генераторлары: 6хБКЗ-160-100Ф

Бу параметрлері:

- қысымы – 100 атм;
- температурасы - 540°C;
- өнімділігі – 160 т/сағ.

2) Бу турбиналары:

Р-25-90/18

- электрлік қуаты – 25 МВт;
- турбинаға бу ағыны – 260 т/сағ;
- толық жылулық қуаты – 180 МВт.

2хПТ-60-90/13

- электрлік қуаты – 60 МВт;
- турбинаға бу ағыны – 341 т/сағ;
- толық жылулық қуаты – 201,8 МВт.

3) Шыңдық су қыздырғыш қазандықтары:

ЖЭО-да 7 су қыздырғыш қазандықтар бар және олар бөлек ғимаратта орналасқан. Жанармай ретінде газды немесе мазутты қолданады. Су қыздырғыш қазандықтардың жұмыстық жылулық өнімділігі:

- газ отынын пайдаланғанда – 100 Гкал/сағ;
- мазут отынын пайдаланғанда – 75 Гкал/сағ.

ЖЭО-1-де отынның үш түрін пайдаланады: табиғи газ, мазут және көмір. Көмір энергетикалық қазандықтарда жағылса, мазут су жылыту қазандықтарында жағылады. Күзгі-көктемгі кезеңде газдың маусымдық артық қалдықтары ыстық су қазандықтарында және жазда электр станцияларында пайдаланылады. Көмір станцияға теміржол арқылы келеді және вагон төңкергіш қондырғы көмегімен түсіріледі. Көмірдің ашық қоймасы 250 мың тонна көмірді сақтай алады. Қосымша отын, мазут, Қазақстанның мұнай өңдеу зауыттарынан цистерналар арқылы келеді. Станцияның мазут қоймасы 2х1000м<sup>3</sup> сақтағыш сұйыққоймадан және 2х2000м<sup>3</sup> шығындық сұйыққоймалардан тұрады. Ал, газ отыны газ тарату нүктесінен газ құбыры арқылы жеткізіледі де, тікелей энергетикалық және суқыздырғыш қазандықтарға келеді [1]. ЖЭО-1 жылулық сызбасының жабдықтары 1 – кестеде көрсетілген.

1 – кесте – ЖЭО-1 жылулық сызбасының жабдықтары

Жабдықтың атауы	Таңбасы	Саны	Ескерту
1) Бу генераторы	БКЗ-160-100Ф	6	
2) Бу турбинасы	Р-25-90-18	1	$N^3 = 25\text{МВт}$
3) Бу турбинасы	ПТ-60-90/13	2	$N^3 = 60\text{МВт}$
4) Жеңілдетілген суыту қондырғысы	РОУ-22/6	2	$G = 60 \text{ т/сағ}$
5) Тезәрекеттік жеңілдетілген суыту қондырғысы	БРОУ-100/13	3	$G = 150 \text{ т/сағ}$
6) Жоғары қысымды араластырғыш деаэратор	ДСП-225	5	$V = 72 \text{ м}^2$ $G = 225 \text{ т/сағ}$
7) Төмен қысымды араластырғыш деаэратор	ДСА-300 ДСА-200	2 1	$V = 27 \text{ м}^2$ $G = 300 \text{ т/сағ}$ $V = 53 \text{ м}^2$ $G = 200 \text{ т/сағ}$
8) Конденсатор	КСЦ-50-4	2	$G = 800 \text{ т/сағ}$
9) Сорғы (Талғарлық)	24НДН	2	$H = 56\text{м}$ $G = 5000 \text{ т/сағ}$
10) Сорғы (шикі су)	300Д90	6	$H = 74\text{м}$ $G = 900 \text{ т/сағ}$
11) Сорғы (желілік)	СЭ1250-140 СЭ1250-125	6 6	$H = 140\text{м}$ $G = 1250 \text{ т/сағ}$ $H = 125\text{м}$ $G = 1250 \text{ т/сағ}$
12) Сорғы (толықтырулық)	300Д90	8	$H = 64\text{м}$ $G = 900 \text{ т/сағ}$
13) Желілік негізгі су қыздырғыш	ПСВ315-3-23 ПСВ500-3-23	2 3	$G = 725 \text{ т/сағ}$ $F = 315 \text{ м}^2$ $G = 1150 \text{ т/сағ}$ $F = 500 \text{ м}^2$

1 – кесте жалғасы

Жабдықтың атауы	Таңбасы	Саны	Ескерту
14) Желілік шындық су қыздырғыш	ПСВ500-14-23	1	$G = 1800 \text{ т/сағ}$
	ПСВ315-14-23	2	$F = 500 \text{ м}^2$ $G = 1130 \text{ т/сағ}$ $F = 315 \text{ м}^2$
15) Желілік суды ұстау сорғысы	СЭ-5000-70	2	$H = 70\text{м}$ $G = 5000 \text{ т/сағ}$
16) Сорғы (көтергіш)	СЭ-5000-160	5	$H = 160\text{м}$ $G = 5000 \text{ т/сағ}$
17) Шындық су қыздырғыштар	ПТВМ-100	7	$Q = 100 \text{ Гкал/сағ}$
18) Вакуумдық араластырғыш деаэраторлар	ВД-1200	1	$G = 1200 \text{ т/сағ}$
	ВД-800	3	$G = 800 \text{ т/сағ}$
	ВД-300	3	$G = 300 \text{ т/сағ}$

### 2.3 Негізгі жылулық сұлбаның сипаттамасы

Буға, қоректік суға, конденсатқа арналған ТЭЦ-л жылулық сұлбасы күрделі болып келеді. Айналымдағы шығындардың орнын толтыру химиялық минералсыздандырылған сумен жүзеге асырылады. Қазандықтар мен жылу жүйелерін қоректендіруге арналған бастапқы су Талғар су жүйесінен алынады. Ішуге жарамды сападағы су диаметрі 1000 мм екі су құбыры арқылы келіп, турбиналардың конденсаторларын салқындату үшін күшейткіш сорғылармен беріледі. Қыздырылған шикі су химиялық суды тазарту жүйесіне кетеді.

Қазандықтардың қоректендіру суы химиялық су тазартудан кейін атмосфералық деаэраторларға жіберіледі және айдау сорғылары арқылы турбиналарды регенерациялау жүйесіне беріледі. Қоректік суды жылыту турбиналардың жоғары қысымды жылытқыштарында жүргізіледі. Жылу желісінің қоректік суын тазарту вакуумдық деаэраторларда жүргізіледі. Жылу желісінің қоректік су қоры  $2 \times 5000 \text{ м}^2$  аккумуляторлық бактарда қамтамасыз етіледі.

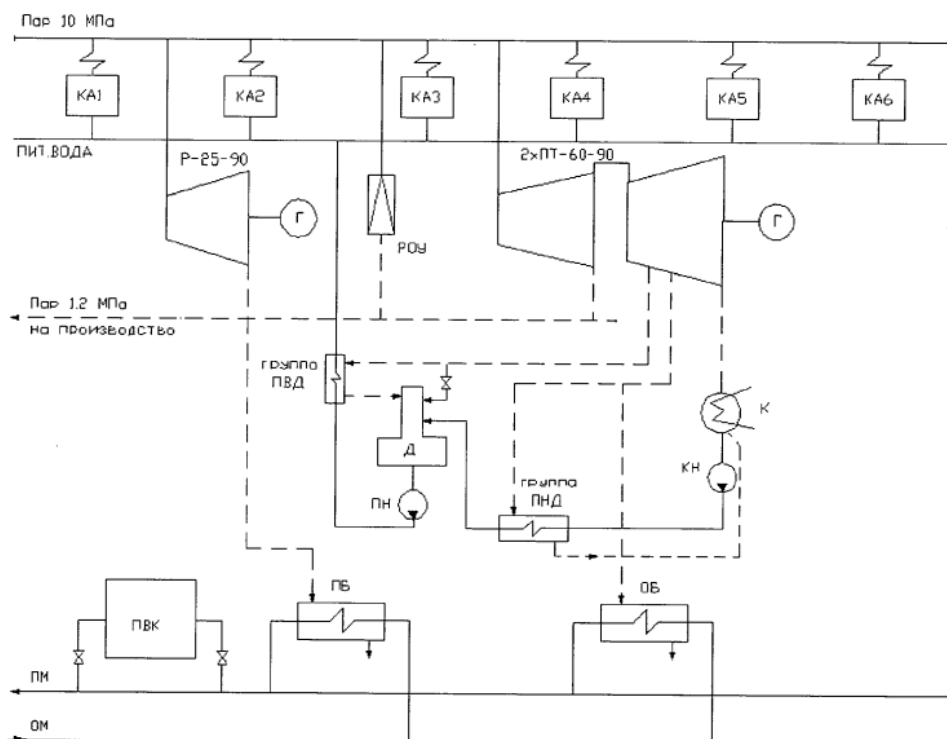
Желілік суды жылыту негізгі және шындық жылытқыштарда және су жылыту қазандықтарында жүйелі түрде жүргізіледі. Желілік суды беру схемасы екі сатыдан тұрады. Екінші көтермелі желілік сорғылар су жылыту қазандықтарының алдында орнатылады.

ЖЭО-1-ден ыстық сумен жылу беру алты екі құбырлы магистраль бойынша жүргізіледі. 1,3 МПа буларының технологиялық қажеттіліктерін

пайдаланатын кәсіпорындар оны турбиналардың өндірістік іріктеулерінен төрт бу құбырынан алады.

Дайын емес шикі су ПТ-60-90/13 турбиналар конденсаторларының кіріктірілген шоғырларында жылытылады. Содан кейін шикі су жылытқыштарында 30°C дейін қыздырылады және тиісті өңдеу үшін химиялық су тазартуға беріледі. ХСТ-дан кейін су вакуумдық ауасыздандырғыштарға жіберіледі. Вакуумдық ауасыздандырғыштардан кейін қоректік су аккумуляторлық ыдыстарға беріледі немесе қоректік сорғылар арқылы кері желілік су жүйесіне айдалады. Желілік сорғылармен кері желілік су бу турбиналарының негізгі жылытқыштарына келеді. Содан кейін желілік су көтергіш сорғылар арқылы шындық ыстық су қазандықтарына түседі де, ол жерден магистральдар арқылы қалаға жөнелтіледі.

Негізгі су қыздырғыш қазандықтар үшін қыздыру буы ПТ-60-90/13 турбиналарының жылуландыру алымдарынан келсе, ал шындық су қыздырғыштарын өндірістік бу алымдары қыздырады. Өндіріске, станцияның өз қажеттіліктеріне және мазут шаруашылығына бу жалпы станциялық коллектордан 1,3 МПа алынады. Қазандықтардың қоректік суы екі сатылы деаэрациядан өтеді. Алдымен 0,12 МПа төмен қысымды деаэраторда, содан кейін жоғары қысымды ауасыздандырғыштарда. Соңғы ауасыздандырғыш буды 0,6 МПа жалпы станциялық коллектордан алады. Өндірістік конденсат, мазут фермасынан қайтарылған конденсат төмен қысымды ауасыздандырғышына беріледі [1]. Станцияның негізгі жылулық сұлбасы 1 – суретте көрсетілген.



1 – сурет – ЖЭО-1 негізгі жылулық сұлбасы

## 2.4 ЖЭО-1 отын шаруашылығы

ЖЭО-1-де отынның үш түрін пайдаланады: табиғи газ, мазут және көмір. Көмір энергетикалық қазандықтарда жағылса, мазут су жылыту қазандықтарында жағылады. Күзгі-көктемгі кезеңде газдың маусымдық артық қалдықтары ыстық су қазандықтарында және жазда электр станцияларында пайдаланылады. Көмір станцияға теміржол арқылы келеді және вагон төңкергіш қондырғы көмегімен түсіріледі. Қысқы уақытта мұздықтаған көмір еріткіштер арқылы өтеді. Көмірдің ашық қоймасы 250 мың тонна көмірді сақтай алады. Кейбір кезде бұл сан жобадан асып, 400 мың тоннаға дейін жеткен. Көмірдің қат-қабат үйіндісін ауыстыру қоймада көмірді сақтау нормаларының талаптарына сәйкес жылына кемінде бір рет жүргізіледі.

Қосымша отын, мазут, Қазақстанның мұнай өңдеу зауыттарынан цистерналар арқылы келеді. Станцияның мазут қоймасы  $2 \times 1000 \text{ м}^3$  сақтағыш сұйыққоймадан және  $2 \times 2000 \text{ м}^3$  шығындық сұйыққоймалардан тұрады.

Ал, газ отыны газ тарату нүктесінен газ құбыры арқылы жеткізіледі де, тікелей энергетикалық және суқыздырғыш қазандықтарға келеді.

Сұйық және қатты отындарды ЖЭО-1-ге жеткізу Алматы қаласының темір жолдары арқылы жүзеге асады. Станция аумағында отындардың қоймасы орналасады. Сұйық отынға арналған 4 ыдыс. Оның 2 ыдысы 10 мың тонналық болса, қалған 2 ыдыс 2000 тонналық – шығыстық ыдыстар.

Энергетикалық және су қыздырғыш қазандықтардың негізгі отыны ретінде газға ауыстырған кезде, қосымша резервтік отын ретінде энергетикалық қазандық үшін көмір отыны, ал су қыздырғыш қазандықтарға мазут отыны сақталады.

Қазіргі уақытта Орта Азиядан ДУ-500 магистральдық газ құбыры арқылы Алматы қаласына келетін табиғи газдың артық мөлшері АлЭС ЖЭО-1-де негізінен жазғы режимде жағылады. Жазғы мезгілде қаланы жылыту қажетсіз болғандықтан, сонымен қатар, экологиялық және экономикалық мақсатта газды қолдану тиімдірек болып табылады.

ЖЭО-1-де жағылатын қарағандылық энергетикалық көмір қоймалжыңының 1хБКЗ-160-100Ф бу генераторы үшін отын шығыны сағатына 19 тонна болса, ал барлық қалған бу генераторлары үшін сағатына 130 тоннаны құрайды [4].

Мазут энергетикалық бу генераторларында тамызық отын ретінде қолданылады да, ал су қыздырғыш қазандықта негізгі отын болып табылады. Ондағы мазут отынының сағаттық шығыны - 77,4 т/сағ.

ЖЭО-1-дің барлық энергетикалық және су қыздырғыш қазандықтарының отыны ретінде табиғи газ қолданылған жағдайда оның есептік қажеттілігі жазғы уақытта 30-40 мың  $\text{м}^3$ /сағ, ал қысқы уақытта 184300  $\text{м}^3$ /сағ.



## 2.5 Мазут және газ отындарының шаруашылығы

Алматы қаласының бірінші жылу электр орталығының мазут отынының шаруашылығы төмендегідей бөлімдерден тұрады:

- бір уақытта 60 тонналық 18 цистерналық вагонды қабылдай алатын үш жолақты теміржол эстакадасы;
- жерасты темірбетонды қабылдау ыдысы;
- сыйымдылығы 10000 м<sup>3</sup> болатын және айдағыш батырмалы сорғылармен жабдықталған 2 металлды сұйыққойма;
- сыйымдылығы 2000 м<sup>3</sup> болатын 2 шығындық сұйыққойма;
- мазут сорғы станциясы.

Бұл мазут шаруашылығы 1968-1972 жылдар аралығында құрастырылған және Қазақстан республикасының «Құрылыстық нормалар және ережелер» нормативтік базасының 11-106-79 «Мұнай және мұнай өнімдерінің қоймалары» бөлімінің талаптарына сай келмейді. Бұл туралы өрт сөндіру қызметінің тексерісінің нәтижесінде алынған ұйғарымнан белгілі болған еді.

Алматы ЖЭО-1-ді табиғи газ отынымен қамтамасыздандыру екі негізгі газ тарату станциясынан тұрады. Біріншісі – қысымы 0,3-0,4 МПа және диаметрі 400мм болатын ГТС-1 газ құбыры, ал екіншісі - қысымы 0,3 МПа және диаметрі 700мм болатын ГТС-2 газ құбыры. ГТС-2 «Гүлдер» газ реттегіш мекенінен бастау алады. ЖЭО-1-дің газбен жабдықтау сұлбесі тұйық үлгіде болып келеді. ЖЭО-1 алаңындағы газ шаруашылығының бүткіл элементтері барлық жұмыс қазандықтарының (энергетикалық және су қыздырғыш) максималды газ тұтынуына арналған. Жылу электр станциясының газбен жабдықтау жүйесі келесідей тораптардан тұрады:

- ГТС-1 және ГТС-2 жеткізгіш газ құбырлары;
- газ реттегіш мекені;
- алаң ішіндегі орта қысымды газ құбырлары;
- энергетикалық және су қыздырғыш қазандықтарының газ құбырлары.

## 2.6 Бас корпусының бөлмелері

Негізгі технологиялық жабдықтардың жұмысын жүзеге асыратын және онымен байланысты қосалқы энергетикалық жабдықтар орналасқан, отынның жану жылуы электр энергиясына түрлендірілетін ғимаратты ЖЭО-ның басты корпусы деп атайды. Электр станциясының өндірістік қондырғылары мен құрылыстарының ішінде басты ғимарат ерекше, әрі орталық орынға ие. Өйткені, әртүрлі технологиялық ағындар осы орталықпен тығыз байланысқан. Осы басты ғимаратқа қазандықтарда жағылатын отын мен көптеген агрегаттарда пайдаланылатын су келеді. Ал, басты ғимараттан конденсаторларда кәдеге жараған технологиялық су, қазандықтардағы түтін газдары және қатты отынды жаққан кезде қож бен күл бөлінеді. Сонымен қатар, ЖЭО-дан оның негізгі өнімі электроэнергиясы мен жылуэнергиясы таратылады.

Басты корпуста негізгі жабдықтардың орналасуына байланысты екі маңызды бөлімше болады. Яғни, қазандық цехы мен турбиналар орналасқан цех. Және де турбоагрегаттар мен бу генераторларының әртүрлі қосалқы жабдықтарына арналған аралық бөлімше орналасады. Аралық бөлімшені көп қабатты етіп құрастырады. Өйткені, бұл машина залының сыртқы қабырғаларының бағаналары мен бу генераторларының бөлімшелерін қамтитын бас корпустың конструкцияларының тұрақтылығына ықпал етеді.

Аралық бөлмеде ауасыздандырғыштар, кейде жанармай шанақтары және шаң дайындайтын қондырғылар орналасады. Ол ауасыздандырғыштар мен шанақтық бөліктен тұратын екі аралық немесе біріктірілген шанақты және ауасыздандырғыштық бөлме түріндегі бір аралық ретінде жүзеге асырылады. Бұдан басқа, редуциялық-салқындату қондырғылары және тез әрекет ететін редуциялық-салқындату қондырғылары, құбыр желілері, өзіндік тұтынудың электр тарату құрылғылары және блокты басқару қалқандарын қоса, жылуды басқару қалқандары орналастырылады. Бұл қалқандар турбиналық қондырғылар мен бу генераторларының бөлмелерінде негізгі қызмет деңгейінде орналастырылған.

Қатты отынмен жұмыс істейтін электр станциясының бу генераторлық бөлмесіне отын қорымен қамтамасыздандыратын шанақтары бар шанақ бөлімі және бу генераторы бөлмесі кіреді. Жеке шаң дайындайтын ұнтақ көмір электр станцияларында шаңды дайындайтын жабдық шанақ бөлімінде, бірақ жылдам көмір диірмендері негізінен бу генераторы бөлмесінде орналасады.

ЖЭО-1-дің қолданыстағы басты ғимараты 1950-жылдардың соңында құрастырылып, 1970-жылдардың басында кеңейтуден өткен. Ғимараттың қаңқасы металдан, ал қабырға қоршаулары құрастырмалы темірбетонды панельдерден жасалған. Басты ғимараттың аралық өлшемдері төмендегідей:

- турбина бөлмесі – 27м;
- ауасыздандырғыш бөлмесі – 8,5м;
- қазандық бөлмесі – 25м;
- шанақ бөлмесі – 8,5м;
- баған қадамдары – 6м.

Жүк көтергіштігі 100/20 тонна болатын көпірлік кран турбиналық бөлмеде орналасқан. Қазандық бөлмеде көпірлік кран орналастырылмағандықтан, онда жүк көтергіштігі 5 тонна болатын арқалық кран қарастырылған.

ЖЭО-ның бас ғимараты өндірістің үзіліссіз жұмыс істеуін, жабдықтарды пайдалану мен уақытылы жөндеу жүргізудің ыңғайлылығын қамтамасыз етеді [1].

## 2.7 ЖЭО-1 бас жоспары

Алматы ЖЭО-1 жертелімі Алматы қаласының орталығы болып табылатын Жетісу ауданының аумағында орналасқан және 33 га аумақты алып жатыр. Жоспар бойынша жертелім солтүстікке қарай созылған көпбұрыш болып табылады. Жертелімнің оңтүстіктен солтүстікке қарай ұзындығы 1200 м, батыстан шығысқа қарай 200-ден 450 м-ге дейін өзгереді. ЖЭО-ның батыс шекарасында ет комбинаты, оңтүстігінде өнеркәсіп алаңы мен ет комбинатына кіретін көлік жолы, шығысында тұрғын үйлер мен шағын өнеркәсіптер, ал солтүстік шекарасында тұрғын үйлер орналасқан. Кірме теміржол жолы оңтүстік-шығыс жағынан жақындап, Алматы-II теміржол вокзалымен түйіседі. Жолдың ұзындығы 1,5 шақырымды құрайды. Электр шығыстары ЖЭО-1 учаскесінен батыс бағытта шығады да, ал жылу энергиясы ыстық су мен бу құбырлары арқылы батыс және оңтүстік бағыттарда таралады. Күл үйіндісі ЖЭО-л учаскесінің солтүстігі мен батысында 10 км қашықтықта орналасқан. Магистральді газ құбыры станцияға батыс бағыттан келеді.

ЖЭО-1 аумағы ғимараттармен тығыз қоршалған. Станцияның бірінші кезеңінің құрылысы 1932 жылы басталған. Ол кезде бұл аумақ қаланың шеті болып есептелінетін. Қаланың жан-жақты кеңеюіне байланысты ЖЭО-1 қаланың орталығына айналды. Жылу электр орталығының аумағы биіктігі 2 метр болатын темір бетонды дуалдармен тұтастай қоршалған. ЖЭО аумағына екі көлік жолы мен бір теміржол кіреберістері қарастырылған.

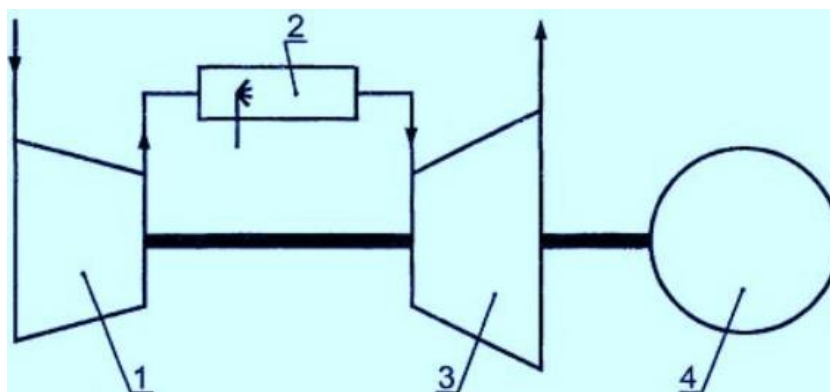
Негізгі ғимараттың тұрақты шетінің жағында бірінші кезеңдегі қазандықтардың ғимараты бұзылғаннан кейін қалған бос орын бар.

ЖЭО-1 орналасқан өндіріс орны осы қуаттылықтағы қатты отын станцияларына қойылатын қазіргі талаптарға толық сәйкес келмейді. Орын тапшылығына байланысты отын қоймасында қысқы уақытта мемлекеттік отын қорын сақтау мүмкін емес. Сондай-ақ, уақыт өте келе станцияның қала орталығына айналуына байланысты табиғатты қорғау шараларына қойылатын талаптар артқан еді [6].

### 3 Газ турбиналық қондырғы

#### 3.1 SGT-800 Газ турбиналық қондырғысын есептеу

Газ турбиналық қондырғысы электр энергиясын өндіретін құрылғылардың ішіндегі техникалық жағынан қарапайым түрі болып табылады. Оның жұмыс істеу қағидасы өте қарапайым. Газ турбиналық қуат блогының сығымдағышына (1) таза ауа беріледі. Жоғары қысым кезінде компрессордан ауа жану камерасына (2) жіберіледі, мұнда негізгі отын, газ да беріледі. Қоспа тұтанады. Газ-ауа қоспасының жануы кезінде энергия ыстық газдар ағыны түрінде пайда болады. Бұл ағын турбина дөңгелегіне (3) жоғары жылдамдықпен келіп, оны айналдырады. Турбина білігі арқылы өтетін айналу кинетикалық энергиясы компрессор мен электр генераторын (4) қозғайды. Энергия генераторының терминалдарынан өндірілген электр энергиясы әдетте трансформатор арқылы электр желісіне, энергия тұтынушыларына жіберіледі [8]. Төмендегі 2 – суретт ГТҚ-ның жұмыс істеу қағидасы көрсетілген.



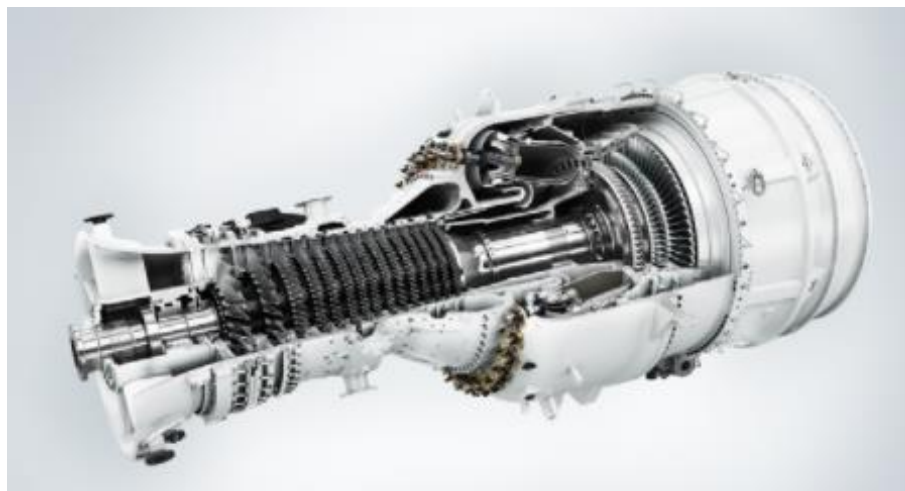
1 – сығымдағыш; 2 – жану камерасы; 3 – газ турбинасы; 4 – электр генератор

#### 2 – сурет – ГТҚ-ның жұмыс істеу қағидасы

Алматы қаласының бірінші жылу электр орталығы үшін германиялық «Siemens» мекемесінің SGT-800 үлгісіндегі газ турбиналық қондырғысы таңдалынды. Бұл ГТҚ келесі техникалық сипаттамаларға ие:

- толық қуаты – 62,5МВт;
- отыны – табиғи газ, сұйық отын;
- жиілігі – 50/60Гц;
- толық тиімділігі – 41,1%;
- турбина жылдамдығы – 6600 айн/мин;
- қысым коэффициенті – 21,1:1;
- түгін газдар температурасы – 596°С.

Бір білікті қозғалтқыш 15 сатылы сығымдағышы бар 2 подшипникті ротордан және 3 сатылы турбинадан тұрады. Төмендегі 3 – суретте SGT-800 бейнеленген.



**3 – сурет – SGT-800 Газ турбиналық қондырғысы**

Әлем бойынша осы үлгідегі газ турбинасының 370 данасы сатылған. Жоғары өнімділігі, тамаша икемділігі және сенімділігі бар SGT-800 бүкіл әлемде танымал. Сәтті қондырғылардың көп жылғы дәлелденген тәжірибесімен бұл өнеркәсіптік электр энергиясын өндіру үшін де, мұнай-газ өнеркәсібі үшін де тамаша таңдау болып табылады.

Есептеу жұмыстарының алгоритмі төмен және жоғары қысымды сығымдағыштардың қысым көтеру қатынасын анықтаудан басталады [8]:

$$\pi_{k1/k2} = \sqrt{\pi} = \sqrt{21,1} = 4,6 \quad (1)$$

мұндағы  $\pi$  – жалпы қысым көтеру дәрежесі.

Төмен қысымды сығымдағыштан кейінгі қысым:

$$p_1^{II} = p_1^I \cdot \sigma_{k1} \cdot \pi_{k1} = 101325 \cdot 0,97 \cdot 4,6 = 452 \text{ кПа} \quad (2)$$

мұндағы  $p_1^I$  – төмен қысымды сығымдағыш алдындағы қысым;

$\sigma_{k1}$  – сору жоғалту коэффициенті.

Жоғары қысымды сығымдағыштың алдындағы температура:

$$T_1^{II} = T_1^I + \Delta T_{ox} = 288,15 + 19,85 = 308K \quad (3)$$

мұндағы  $\Delta T_{ox}$  - ауаның төмен салқындату мөлшері.

Жоғары қысымды сығымдағыштан кейінгі ауаның қысымы:

$$p_2^{II} = p_1^{II} \cdot \sigma_{k2} \cdot \pi_{k2} \cdot \sigma_{ox} = 452000 \cdot 0,99 \cdot 4,6 \cdot 7,6 = 15,6 \text{ МПа} \quad (4)$$

Жоғары қысымды сығымдағыштан кейінгі ауаның температурасы:

$$T_2^{II} = T_1^I \cdot \left(1 + \frac{\pi_{k2}^{m_k}}{\eta_{ik2}}\right) = 288,15 \cdot \left(1 + \frac{4,6^{0,29}}{0,87}\right) = 811K \quad (5)$$

$$m_k = \frac{k_k - 1}{k_k} = \frac{1,41 - 1}{1,41} = 0,29 \quad (6)$$

Төмен қысымды сығымдағыштың сығу жұмысы:

$$l_{ik1} = c_{pk} \cdot \frac{T_1^I}{\eta_{ik1}} (\pi_{k1}^{m_k} - 1) = 0,85 \cdot \frac{288,15}{0,87} (4,6^{0,29} - 1) = 163 \text{ кДж/кг} \quad (7)$$

Жоғары қысымды сығымдағыштың сығу жұмысы:

$$l_{ik2} = c_{pk} \cdot \frac{T_1^{II}}{\eta_{ik2}} (\pi_{k2}^{m_k} - 1) = 0,85 \cdot \frac{308}{0,87} (4,6^{0,29} - 1) = 174 \text{ кДж/кг} \quad (8)$$

Жоғары қысымды турбина алдындағы қысым:

$$p_3^I = p_2^{II} \cdot \sigma_{kc} = 15,6 \cdot 0,98 = 15,3 \text{ МПа} \quad (9)$$

Жоғары қысымды турбинадағы қысым төмендеу дәрежесі:

$$\pi_{t1} = (1 - \Delta\theta_1)^{-\frac{1}{m_t}} = (1 - 0,383)^{-\frac{1}{0,25}} = 6,9 \quad (10)$$

мұндағы  $\Delta\theta_1$ - жоғары қысымды турбинадағы температураның меншікті айырмашылығы.

$$m_t = \frac{k_t - 1}{k_t} = \frac{1,33 - 1}{1,33} = 0,25 \quad (11)$$

мұндағы  $k_t$ - отынның жану өнімдерінің кеңеюі кезіндегі адиабаталық көрсеткіш.

Циклдің пайдалы жұмысы:

$$l_i = c_{pt} T_3^I \beta^* \eta_{t1} \Delta\theta_1 - l_{ik2} = 1,15 \cdot 869 \cdot 1,02 \cdot 0,91 \cdot 0,383 - 174 = 181 \text{ кДж/кг} \quad (12)$$

Жоғары қысымды турбинадан кейінгі газдың қысымы:

$$p_3^{II} = \frac{p_3^I \cdot \sigma_{t1}}{\pi_{t1}} = \frac{15,3 \cdot 0,99}{6,9} = 2,2 \text{ МПа} \quad (13)$$

мұндағы  $\sigma_{t1}$ - жоғары және орта қысымды турбиналар арасындағы ауысудағы гидравликалық шығындар коэффициенті.

Төмен қысымды турбина алдындағы газдың температурасы:

$$T_3^{II} = T_3^I \cdot [1 - \eta_{it1}(1 - \pi_{t1}^{-mt})] = 1273 \cdot [1 - 0,91(1 - 6,9^{-0,25})] = 829K \quad (14)$$

ГТҚ-ның тиімді жұмысы:

$$l_e = l_i \cdot \eta_{mt} \cdot \eta_g = 181 \cdot 0,99 \cdot 0,985 = 176,5 \text{кДж/кг} \quad (15)$$

Регенератордан кейінгі температура:

$$T_5 = T_2^{II} + r(T_4^{II} - T_2^{II}) = 811 + 0,9(869-811)=863,2K \quad (16)$$

Мұндағы  $r$  – цикл регенерациясының дәрежесі ( $r=0,5-0,9$ ).

Жану камерасындағы циклге берілетін жылу:

$$Q = \frac{1}{\eta_{kc}} [c_{pt} \cdot \beta^* \cdot T_3^I - c_{pk} \cdot T_5] = \frac{1}{0,99} [1,15 \cdot 1,02 \cdot 1273 - 0,85 \cdot 863,2] = 767 \text{кДж/кг} \quad (17)$$

Қондырғының эффективті ПӘК-і:

$$\eta_e = \frac{l_e}{Q} = \frac{176,5}{767} = 0,23 \quad (18)$$

Меншікті отын шығыны:

$$b_e = \frac{3600}{Q_P^H \cdot \eta_e} = \frac{3600}{50056 \cdot 0,23} = 0,31 \text{кг/кВт} \cdot \text{сағ} \quad (19)$$

мұндағы  $Q_P^H$  – табиғи отынның таза жылулық құны.

Отынның сағаттық шығыны:

$$B = b_e \cdot N_e = 0,31 \cdot 62,5 = 19,3 \text{ кг/сағ} \quad (20)$$

Ауаның меншікті шығыны:

$$d_e = \frac{1}{l_e} = \frac{1}{176,5} = 0,0056 \text{ кг/кДж} \quad (21)$$

SGT-800 Газ турбиналық қондырғысына есептеу жүргізілді. Алынған нәтижеге сүйене отырып, ГТҚ-ның бұл түрі ЖЭО-1-ді қайта құру үшін пайдалануға қолайлы екенін көре аламыз.

### 3.2 Қалдық жылу қазандығын есептеу

Қалдық жылу қазандығы ЖЭО-1-ді қайта құру кезінде қажетті негізгі қондырғының бірі болып табылады. Жоғарыдағы бөлімнен көргеніміздей ГТҚ-дан шығар газдардың температурасы 500°C-тан жоғары болып келеді. Оларды пайдаланып, циклді жалғастырып, тиімділікті өсіріп және тағы да генератордың көмегімен электр энергиясын алуға болады. Ол үшін қалдық жылу қазандықтарын пайдалану қажет. Бұл жұмыста ҚЖҚ-ны таңдамас бұрын есептеулер жүргізілетін болады. Жоғары бөлімде таңдалған SGT-800 ГТҚ-ның есептеуге қажетті сипаттамалары:

- электрлік қуаты  $N_э = 62,5 \text{ МВт}$ ;
- түтін газдарының шығыны  $G_г = 135,5 \text{ кг/с}$ ;
- түтін газдарының температурасы  $\theta_d = 596^\circ\text{C}$ ;
- ГТҚ-ның электрлік ПӘК-і  $\eta_э^{\text{ГТҚ}} = 37,5\%$ .
- сыртқы ауа температурасы  $t_{c.a.} = 15^\circ\text{C}$ ;
- ҚЖҚ тізбектеріндегі қысым  $P_0^{\text{БД}} = 5 \text{ МПа}$ ;  $P_{н.д.} = 0,5 \text{ МПа}$ ;
- ауасыздандырғыштағы қысым  $P^д = 0,5 \text{ МПа}$ .

Қатты қыздырғыш пен жоғары қысымды буландырғыштың біріктірілген беттері үшін бір ҚЖҚ жылу балансының теңдеуі [7]:

$$G_г(I_г - I_{э\text{К}}^{\text{Б.Д.}}) = G_{п}^{\text{Б.Д.}}(h_0^{\text{Б.Д.}} - h_{э\text{К}}^{\text{Б.Д.}}) \quad (22)$$

мұндағы  $G_г = 135,5 \text{ кг/с}$  - түтін газдар шығыны;  
 $I_г = 595,5 \text{ кДж/кг}$  – газдар энтальпиясы;  
 $h_0^{\text{Б.Д.}} = 3480,2 \text{ кДж/кг}$  – будың энтальпиясы;  
 $h_{э\text{К}}^{\text{Б.Д.}} = 1154,6 \text{ кДж/кг}$  – судың энтальпиясы.

$\delta t_{э\text{К}} = 31^\circ\text{C}$  температура айырмашылығын таңдап, экономайзер алдындағы газдардың температурасын анықтаймыз:

$$\vartheta_{э\text{К}}^г = t_г + \delta t_{э\text{К}} = 264 + 31 = 295^\circ\text{C} \quad (23)$$

Есептелген температура бойынша экономайзер алдындағы газдардың энтальпиясын анықтаймыз:

$$I_{э\text{К}}^г = 310 \text{ кДж/кг.}$$

Келесі теңдеумен бір ҚЖҚ шығаратын жоғары қысымды бу ағыны есептеледі:

$$G_{п}^{\text{Б.Д.}} = \frac{G_г(I_г - I_{э\text{К}}^{\text{Б.Д.}})}{(h_0^{\text{Б.Д.}} - h_{э\text{К}}^{\text{Б.Д.}})} = \frac{135,5(595,5 - 310)}{(3480,2 - 1154,6)} = 16,6 \text{ кг/с.}$$



Жоғары қысым тізбегінің экономайзері үшін келесі қатынас эквивалентті болады:

$$G_r(I_{\text{ЭК}}^{\text{В.Д}} - I_{\text{УХ}}^{\text{В.Д}}) = G_{\text{П}}^{\text{В.Д}}(h_{\text{ЭК.В}}^{\text{В.Д}} - h_{\text{П.В}}), \quad (24)$$

$h_{\text{П.В}} = 640 \text{ кДж/кг}$  ауасыздандырғыш қысымы  $P^{\text{Д}} = 0.5 \text{ МПа}$  болған кездегі қоректік судың энтальпиясы, ал  $I_{\text{УХ}}^{\text{В.Д}}$  - жылу алмастырғыштардың контурынан шығатын газдардың энтальпиясы.

$$I_{\text{УХ}}^{\text{В.Д}} = I_{\text{ЭК}}^{\text{В.Д}} - \frac{G_{\text{П}}^{\text{В.Д}}(h_{\text{ЭК.В}}^{\text{В.Д}} - h_{\text{П.В}})}{G_r}, \quad (25)$$

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

$$G_r(I_{\text{УХ}}^{\text{Г.В.Д}} - I_{\text{ГПК}}) = G_{\text{П}}^{\text{Н.Д}}(h_0^{\text{В.Д}} - h_0^{\text{Н.Д}}) \quad (26)$$

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

Төмен қысымды контурдың шығысындағы будың энтальпиясы контурдағы қысыммен  $P_{\text{Н.Д}} = 0,5 \text{ МПа}$  және  $t_0^{\text{Н.Д}} = 235 - 30 = 205^\circ\text{C}$  температурасымен анықталады.  $h_0^{\text{Н.Д}} = 2866 \text{ кДж/кг}$ .

Төмен қысымды контурдың барабанындағы судың энтальпиясы  $h_6^{\text{Н.Д}} = 640 \text{ кДж/кг}$ . Келесі теңдеуден қазандықтың төмен қысымды тізбегі арқылы өтетін бу ағынын табамыз:

$$G_{\text{П}}^{\text{Н.Д}} = \frac{G_r(I_{\text{УХ}}^{\text{В.Д}} - I_{\text{ГПК}})}{h_0^{\text{В.Д}} - h_6^{\text{Н.Д}}} = \frac{135,5(247 - 180)}{2866 - 640} = 4 \text{ кг/с} \quad (27)$$

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:

$$[2(G_{\text{П}}^{\text{В.Д}} + G_{\text{П}}^{\text{Н.Д}}) - G^{\text{Д}}]h_{\text{ГКҚ}} + G^{\text{Д}} \cdot h_0^{\text{Н.Д}} = 2(G_{\text{П}}^{\text{Н.Д}} + G_{\text{П}}^{\text{В.Д}})h_{\text{Д}}, \quad (28)$$

Ауасыздандырғышқа кететін бу шығынын табамыз:  $G^{\text{Д}} = 3,08 \text{ кг/с}$ .

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

$$[2(G_{\text{п}}^{\text{В.Д}} + G_{\text{п}}^{\text{Н.Д}}) - G^{\text{Д}}]h_{\text{к}} + G^{\text{Р}} \cdot h_{\text{ГКК}} = [2(G_{\text{п}}^{\text{Н.Д}} + G_{\text{п}}^{\text{В.Д}}) - G^{\text{Д}} + G^{\text{Р}}]h_{\text{п.р}}, \quad (29)$$

Осы жерден рециркуляция шығыны:  $G^{\text{Р}} = 20,6$  кг/с.

ГКК-ның жылулық балансы теңдеуінен:

$$G_{\text{Г}}(I_{\text{ГКК}} - I_{\text{уx}}) = (G_{\text{п}}^{\text{Н.Д}} + G_{\text{п}}^{\text{В.Д}} - \frac{G^{\text{Д}}}{2} + \frac{G^{\text{Р}}}{2})(h_{\text{ГКК}} - h_{\text{п.р}}) \quad (30)$$

Шығар газдардың энтальпиясын анықтаймыз:  $I_{\text{уx}} = 162,8$  кДж/кг.

ҚЖҚ-ның ПӘК-ін анықтаймыз:

$$\eta_{\text{ҚЖҚ}} = \frac{(I_{\text{д}} - I_{\text{уx}})}{(I_{\text{д}} - I_{\text{а}})} = \frac{595,5 - 162,8}{595,5 - 15,4} = 0,74 \quad (31)$$

ГТҚ-ның газдарымен бу турбиналық циклге берілген жылу:

$$Q_{\text{ГТҚ}} = 2G_{\text{Г}}(I_{\text{д}} - I_{\text{уx}}) \quad (32)$$

$$Q_{\text{ГТҚ}} = 2 \cdot 135,5(595,5 - 162,8) = 117262 \text{ кВт}$$

Біздің таңдаған SGT-800 ГТҚ-ға «КГТ-35» үлгісіндегі қалдық жылу қазандағы сәйкес келеді.

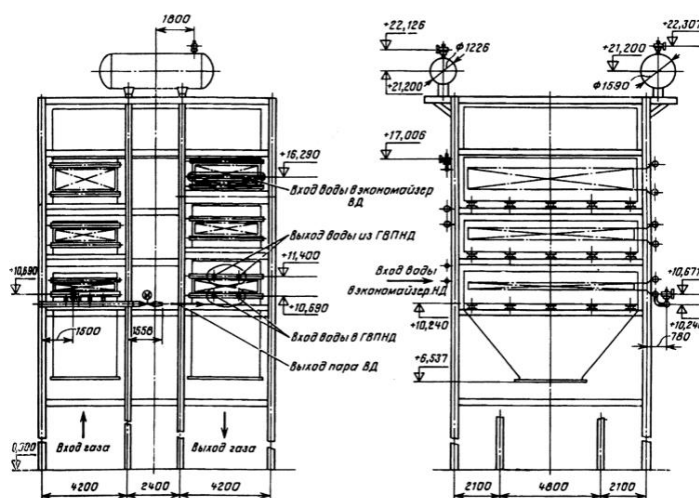
### 3.3 «КГТ-35» қалдық жылу қазандығы

«КГТ-35» қалдық жылу қазандығы – газ турбинының пайдаланылған газдарының жылуын пайдалану негізінде жоғары және төмен қысымды қатты қыздырылған бу өндіруге арналған жоғары технологиялық қондырғы. Оның техникалық сипаттамалары 2 – кестеде көрсетілген.

2 – кесте – «КГТ-35» қазандығының техникалық сипаттамасы

Бу өнімділігі, т/сағ	35,1/10
Аса қызған будың қысымы, МПа	4/0,7
Аса қызған будың температурасы, °С	430/200
Қазандыққа кірер газдың температурасы, °С	610
Кіріс газдар мөлшері, кг/с	109,5
Ені, м	15,4
Тереңдігі, м	14,2
Биіктігі, м	22,8
Салмағы, т	290

П-тәрізді сұлбадағы қалдық жылу қазандығы, мәжбүрлі айналымы бар екі барабаннан тұрады. Қондырғы келесі негізгі блоктардан тұрады: бөлу құрылғысы бар жоғары қысымды барабан; бөлу құрылғысы бар төмен қысымды барабан; айналмалы камера; жоғары және төмен қысымды буландырғыш; жоғары және төмен қысымды экономайзер; жоғары және төмен қысымды қыздырғыш; төмен қысымды газ-су жылытқышы; қызмет көрсету платформалары бар жақтау; оқшаулағыш және қаптама. 3 – суретте КГТ-35 қалдық жылу қазандығы көрсетілген.



3 сурет – «КГТ-35» қалдық жылу қазандығы

## ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыста Алматы қаласының өте маңызды энергетикалық кешенін қайта құру жобасының бір нұсқасы қарастырылды. Жалпы бұл жобаның маңыздылығы жоғары деңгейде болып табылады. Оның басты себебі өткен ғасырда қаланың шетінде елді мекенді энергиямен қамтамасыз ету мақсатында құрастырылған электр станциясы уақыт өте келе қаланың орталығына айналды. Осыған орай оның экологиялық талаптары өскен болатын. Ал қазіргі қолданыстағы ескі және негізгі отынының бірі көмір болып табылатын құрама қондырғылары бұл талапқа жауап бере алмайды. Сонымен қатар, қала халық саны жыл сайын өсуде. Осыған орай энергия тұтыну көлемі жыл сайын артып келеді. Қайта құрудан өткізбей жылу электр орталығының қуатын арттыру мүмкін емес. Жоғарыда айтылған мәселелерді шешу мақсатында Алматы ЖЭО-1-ді газ турбиналық қондырғысын пайдаланып, қайта құру жобасы ұсынылған болатын.

Жалпы газ турбиналық қондырғы қазіргі таңда әлем бойынша кеңінен қолданылады. Оның басты себебі бұл технологиялық агрегат жұмыс істеу қағидасы өте қарапайым және өлшемдері салыстырмалы түрде кішкентай болып келеді. Осыған қарамастан оның бере алатын қуаты өте жоғары. Оның басты себебі 21-ғасырдың озық технологияларын пайдалану болып табылады. Мысалы, турбинаның қалақшаларын ауамен суыту үшін қолданылатын микро тесіктер бұрын сонды болмаған феномен. Соның арқасында агрегаттың пайдалы әрекет коэффициенті арттырылды. Сонымен қатар, ГТҚ-дан шығар газдар температурасы өте жоғары. Қалдық жылу қазандықтарын пайдаланып, екінші бу турбиналы циклде қолданудың арқасында жалпы электр станцияның тиімділігі артады. Осының барлығы ЖЭО-1-ді қайта құру жобасын жасау барысында ГТҚ-ны таңдауға итермелеген негізгі факторлы болып табылады.

Жоба барысында немістің «Siemens» мекемесінің «SGT-800» ГТҚ-сы таңдалып, есептеулер жүргізілді. Бұл агрегат біздің электро станцияның қайта құру жобасының талаптарын қанағаттандыра алады. Сонымен қатар екінші циклдің бастапқы нүктесі болып табылатын қалдық жылу қазандығы таңдалып, есептелінді. «SGT-800» ГТҚ-сымен жұпта «КГТ-35» ресейлік ООО "Белэнергомаш - БЗЭМ" мекемесінің продукциясы ыңғайлы нұсқа болып саналады.

## БЕЛГІЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР ТІЗБЕСІ

ГТҚ – газ турбиналық қондырғысы;  
БГҚ – бу газдық қондырғы;  
ГБК – газ булық қондырғы;  
ЦЭС – центральная электро станция;  
ТМД – тәуелсіз мемлекеттер достастығы;  
ЖЭО – жылу электр орталығы;  
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;  
КГТ – котел за газовой турбиной;  
ПӘК – пайдалы әрекет коэффициенті;  
ҚЖҚ – қалдық жану қазандығы;  
ГКҚ – газ конденсатты қыздырғышы;  
Q – жылу шығыны;  
I – газдар энтальпиясы;  
N – қуаты;  
T – температура;  
h – энтальпия;  
G – отын шығыны;  
P – қысым.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 <http://www.ales.kz/ru/about-company/35-podrazdeleniya/65-almatinskaya-tets-1>
- 2 <https://kapital.kz/economic/91440/kak-gazifikatsiya-t-ets-1-povliyala-na-ekologiyu-almaty.html>
- 3 Абақ А., Ержан Т. Мадиди 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.
- 4 Трухний А.Д. Современная теплоэнергетика. 2004.-39с.
- 5 С.Л. Ривкин, А.А. Александров, Термодинамические свойства воды и водяного пара. М.:Энергияатомиздат, 1984.
- 6 С.Л. Ривкин, А.А. Александров, Теплофизические свойства воды и водяного пара. М.:Энергия, 1980.-423с.
- 7 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
- 8 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.

## ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Дипломдық жобаға

Төлеуов Саят

5B071700 – Жылуэнергетика

Тақырыбына: Алматы ЖЭО-1 ГТҚ қолданып қайта құру

Аталған дипломдық жобада Алматы қаласының орталығында орналасқан алғашқы жылу электр орталығының қайта құру жобасы ұсынылған. Жұмыс барысында қайта құрудың экологиялық және энергетикалық маңыздылығы айтылған. Мысалы, қайта құрудан кейін зиянды заттар шығыны табиғи газ отынына ауысқандықтан азаятындығы және де қаланың өзіне тиесілі бөлігін толыққанды электр және жылу энергиясымен қамтамасыздандыра алатыны дәлелденеді.

Жалпы қала тұрғындарын үш негізгі жылу электр орталықтары жылу және электр энергияларымен қамтамасыз етіп отырғаны айтылып, әрқайсысына жеке жалпылама ақпараттар келтіріледі.

Алматы бірінші жылу электр орталығын қайта құру мәселесі бұрыннан қарастырылуда және оның бірнеше нұсқасы ұсынылғаны туралы сөз қозғалып, осы газ турбиналық қондырғы нұсқасын таңдаудың үлкен артықшылықтары көрсетіледі.

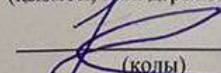
Негізгі бөлімде электр орталығы туралы толық ақпараттар келтіріліп, есептеу бөлімі басталады. Бұл өте маңызды бөлімде газ турбиналық қондырғысы мен қалдық жылу қазандығы есептелінеді. Есептеу нәтижелеріне сүйене отырып, SGT-800 газ турбиналық қондырғысы мен КГТ-35 қалдық жылу қазандығы таңдалған.

Дипломдық жоба "95/А/өте жақсы" деген бағаға, ал студент Төлеуов Саят Салтанатұлы 5B071700 - Жылуэнергетикасы мамандығы бойынша «бакалавр» академиялық дәрежесіне ұсынылуға лайық деп есептеймін.

**Ғылыми жетекші**

PhD қауымдастырылған профессор

(кызметі, ғыл. дәрежесі, атағы)



(колы)

Умышев Д.Р.

« 19 » май 2022 ж.



«19» мамыр 2022 жыл

## СЫН – ПІКІР

Дипломдық жоба

Төлеуов Саят Салтанатұлы

5B071700 – «Жылуэнергетика» мамандығы

Тақырыбы: Алматы ЖЭО-1 ГТҚ қолданып қайта құру

### ЖОБАҒА ЕСКЕРТУ ЖАСАУ

Бұл дипломдық жұмыста Алматы қаласының бірінші жылу электр орталығын қайта құру мәселелері қарастырылды. Жұмыс барысында станция туралы жалпы ақпараттар, соның ішінде, тарихы, бас жоспары, ғимараттар орналасуы, құрылымдық қондырғылары туралы жазылған.

Жұмыста Алматы қаласында орналасқан негізгі дәстүрлі энергиясының энергетикалық кешендері туралы ақпарат беріледі. Қарастырылып отырған бірінші жылу электр орталығы ескі екені айтылып, қайта құрудың маңыздылығы келтірілген.

Есептеуге қажетті негізгі жылулық сызбаға арнайы бөлім арналып, қарастырылған. Сонымен қатар, қайта құру негізінде германиялық SGT-800 газ турбиналық қондырғысы мен КГТ-35 қалдық жылу қазандығы таңдалды. Пайдаланылған әдебиеттерде келтірілген жұмыстар негізінде есептеулер жүргізіліп қорытындыланған.

Қайта құруға қажетті қондырғылар жасалған есептеулердің нәтижелеріне сүйене отырып таңдалған. Бұл жұмыстың дәлдігін көрсете алады.

### ЖОБАНЫ БАҒАЛАУ

Дипломдық жобада бүкіл мәселелер толықтай қарастырылған дей келе, «98/А/өте жақсы» және толық деп бағалап, оны орындаушы Төлеуов Саят Салтанатұлы 5B071700 - «Жылуэнергетикасы» мамандығы бойынша бакалавр лауазымына лайықты деп санаймын.

Пікір беруші

«Логистика және көлік академиясы»

«Энергетика» кафедрасының

Қауымдастырылған профессоры, PhD



Онгар Б.

КОЛЫ

«19» мамыр 2022 жыл

**ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ**

*М.С. Шенарова Ш.С.*



## Протокол

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

Автор: Төлеуов Саят Салтанатұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Алматы ЖЭО-1 ГТҚ қолданып қайта құру

Научный руководитель: Диас Умишев

Коэффициент Подобия 1: 1.3

Коэффициент Подобия 2: 0.6

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:

*сформулировано, плагиата нет*  
*19.05.2022г.*

Дата

*Умишев Д.Р.*  
проверяющий эксперт



## Протокол

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

Автор: Төлеуов Саят Салтанатұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Алматы ЖЭО-1 ГТҚ қолданып қайта құру

Научный руководитель: Диас Умишев

Коэффициент Подобия 1: 1.3

Коэффициент Подобия 2: 0.6

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:

*Допущена к защите*

Дата

*19.05.2022*

Заведующий кафедрой *Сарсебай Е.А.*

